



**ITS**  
Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - RF 141501**

**IDENTIFIKASI STRUKTUR BANGUNAN BAWAH  
PERMUKAAN SITUS KADIPATEN TERUNG DAN ALAS  
TRIK MENGGUNAKAN METODE RESISTIVITAS 3D**

**ACHMAD MUDHOFAR**  
**NRP 3714100001**

**Dosen Pembimbing**  
**Dr. Dwa Desa Warnana**  
**NIP. 19760123 200003 1 001**

**Juan Pandu Gya Nur Rochman, S.Si., M.T.**  
**NIP. 19890612 201504 1 003**

**DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA**  
**Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2018**

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***



**ITS**

Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**TUGAS AKHIR - RF 141501**

**IDENTIFIKASI STRUKTUR BANGUNAN BAWAH  
PERMUKAAN SITUS KADIPATEN TERUNG DAN ALAS  
TRIK MENGGUNAKAN METODE RESISTIVITAS 3D**

**ACHMAD MUDHOFAR**  
**NRP 3714100001**

**Dosen Pembimbing**  
**Dr. Dwa Desa Warnana**  
**NIP. 19760123 200003 1 001**

**Juan Pandu Gya Nur Rochman, S.Si., M.T.**  
**NIP. 19890612 201504 1 003**

**DEPARTEMEN TEKNIK GEOFISIKA**  
**Fakultas Teknik Sipil Lingkungan dan Kebumihan**  
**Institut Teknologi Sepuluh Nopember**  
**Surabaya 2018**

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***



**ITS**

Institut  
Teknologi  
Sepuluh Nopember

**UNDERGRADUATE THESIS - RF 141501**

**IDENTIFICATION OF HISTORICAL BUILDING NEAR  
SURFACE KADIPATEN TERUNG AND ALAS TRIK SITE  
USING 3D ELECTRICAL RESISTIVITY TOMOGRAPHY**

**ACHMAD MUDHOFAR  
NRP 3714100001**

**Advisor  
Dr. Dwa Desa Warnana  
NIP. 19760123 200003 1 001**

**Juan Pandu Gya Nur Rochman, S.Si., M.T.  
NIP. 19890612 201504 1 003**

**GEOPHYSICAL ENGINEERING DEPARTMENT  
Faculty of Civil, Environmental and Geo Engineering  
Sepuluh Nopember Institute of Technology  
Surabaya 2018**

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

# IDENTIFIKASI STRUKTUR BANGUNAN BAWAH PERMUKAAN SITUS KADIPATEN TERUNG DAN ALAS TRIK MENGGUNAKAN METODE RESISTIVITAS 3D

## TUGAS AKHIR

Diajukan Untuk Memenuhi Salah Satu Syarat  
Untuk Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
Pada  
Departemen Teknik Geofisika  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Surabaya, 23 Juli 2018

Menyetujui,

1. Dr. Dwa Desa Warnana (Pembimbing I)  
NIP. 1976 0 23 200003 1 001
2. Juan Pandu GNR, S.Si., M.T. (Pembimbing II)  
NIP. 1989 0612 201504 1 003
3. M. Singgih Purwanto, S.Si., M.T. (Penguji I)  
NIP. 1980 0916 200912 1 002
4. Firman Syaifuddin, S.Si., M.T. (Penguji II)  
NIP. 1984 0911 201404 1 001

Mengetahui,

Kepala Laboratorium Geofisika Teknik dan Lingkungan  
Departemen Teknik Geofisika  
Fakultas Teknik Sipil, Lingkungan dan Kebumihan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

Dr. Ir. Amien Widodo, M.S.  
NIP. 1959 1010 198803 1 002

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***



## **PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR**

Dengan ini saya menyatakan bahwa isi sebagian maupun keseluruhan Tugas Akhir saya dengan judul **“IDENTIFIKASI STRUKTUR BANGUNAN BAWAH PERMUKAAN SITUS KADIPATEN TERUNG DAN ALAS TRIK MENGGUNAKAN METODE RESISTIVITAS 3D”** adalah benar benar hasil karya intelektual mandiri, diselesaikan tanpa menggunakan bahan-bahan yang tidak diijinkan dan bukan merupakan karya pihak lain yang saya akui sebagai karya sendiri.

Semua referensi yang dikutip maupun dirujuk telah ditulis secara lengkap pada daftar pustaka.

Apabila ternyata pernyataan ini tidak benar, saya bersedia menerima sanksi sesuai peraturan yang berlaku.

Surabaya, 23 Juli 2018



Achmad Mudhofar  
NRP. 3714100001

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

# **IDENTIFIKASI STRUKTUR BANGUNAN BAWAH PERMUKAAN SITUS KADIPATEN TERUNG DAN ALAS TRIK MENGGUNAKAN METODE RESISTIVITAS 3D**

Nama Mahasiswa : Achmad Mudhofar  
NRP : 3714100001  
Jurusan : Teknik Geofisika FTSLK-ITS  
Dosen Pembimbing : 1. Dr. Dwa Desa Warnana  
2. Juan Pandu G.N.R, S.Si., M.T.

## **Abstrak**

Telah dilakukan pengukuran metode resistivitas 3D di kawasan Situs Kadipaten Terung, Desa Terung Wetan, Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo dan Situs Alas Trik, Desa Kedung Bocok, Kecamatan Trik, Kabupaten Sidoarjo. Penelitian dilakukan untuk mengetahui pola persebaran struktur bawah permukaan bangunan situs kadipaten terung dan alas trik. Situs arkeologi dari jaman dahulu banyak yang sudah terpendam atau sengaja dipendam di bawah permukaan. Proses pencarian situs arkeologi yang selama ini dilakukan hanya berdasarkan hasil cerita yang berkembang di masyarakat. Metode resistivitas 3D dapat dijadikan sebagai metode untuk melakukan pencarian situs. Metode resistivitas 3D merupakan metode resistivitas yang tidak hanya memberikan citra distribusi resistivitas dalam penampang vertikal saja tetapi juga dalam bentuk penampang horisontal. Sehingga menghasilkan citra yang lebih resolatif disbanding dengan resistivitas 2D data yang diperoleh akan lebih banyak. Berdasarkan pengukuran dengan metode resistivitas 3D konfigurasi *Wenner*, terdapat kemenerusan dengan situs yang telah ditemukan pada situs Kadipaten Terung dikedalaman 1.5-3.5 meter dengan nilai resistivitas 30  $\Omega$ m – 80  $\Omega$ m. Sedangkan pada situs Alas Trik terdapat struktur batuan penyusun bangunan bawah permukaan pada kedalaman 1-2 meter diujung barat lintasan dan memiliki pola berselang-seling menuju arah timur dengan nilai resistivitas 25  $\Omega$ m – 50  $\Omega$ m.

Kata Kunci: resistivitas 3D, situs alas trik, situs kadipaten terung, struktur

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

# IDENTIFICATION OF HISTORICAL BUILDING NEAR SURFACE KADIPATEN TERUNG AND ALAS TRIK SITE USING 3D ELECTRICAL RESISTIVITY TOMOGRAPHY

*Name* : Achmad Mudhofar  
*NRP* : 3714100001  
*Major* : Teknik Geofisika FTSLK-ITS  
*Lectures* : 1. Dr. Dwa Desa Warnana  
2. Juan Pandu G.N.R, S.Si., M.T.

## ***Abstract***

*3D electrical resistivity tomography (ERT) acquisition data have been done in the area around Kadipaten Terung Site, Terung Wetan Village, District of Krian, Regent of Sidoarjo and Alas Trik Site, Kedung Bocok Village, District of Trik, Regent of Sidoarjo. The research purpose is to identify the building structure near surface on Kadipaten Terung Site and Alas Trik Site. There are so many archeological sites that have been naturally buried and purposely buried. The finding process of the archeological site nowadays only using storytale that have been developed by the villagers. This 3D ERT Method can be used for finding the distribution of the structure site. ERT Method is a resistivity method that not only display the vertical structure model but also the horizontal structure model. So the model can be more appropriate than the 2D resistivity method. Based on the acquisition data of the 3D ERT Method using Wenner configuration, obtained the continuity of the site in the depth of 1.5-3.5 meters with the resistivity value between 30  $\Omega m$  – 80  $\Omega m$ . On the Alas Trik Site obtained the structure of the of the building near surface in the depth of 1-2 meters on the west side of the acquisition design and has a pattern of alternating eastwards with the resistivity value between 25  $\Omega m$  – 50  $\Omega m$ .*

*Keywords: alas trik site, kadipaten terung site, resistivity, structure.*

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kehadiran Allah Yang Maha Esa karena atas limpahan rahmat dan karunia-Nya, sehingga pelaksanaan tugas akhir berjalan lancar dan pembuatan laporan tugas akhir yang berjudul “Identifikasi Struktur Bangunan Bawah Permukaan Situs Kadipaten Terung dan Alas Trik Menggunakan Metode Resistivitas 3D” dapat diselesaikan dengan baik.

Dalam penyusunan laporan ini tidak terlepas dari peran berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak, ibu dan keluarga yang telah memberi dukungan moril dan materil selama perkuliahan hingga penyelesaian tugas akhir.
2. Bapak Dr. Widya Utama, DEA selaku Ketua Departemen Teknik Geofisika ITS yang selalu memberi masukan membangun.
3. Bapak Dr. Dwa Desa Warnana dan Bapak Juan Pandu Gya Nur Rohman, S.Si., M.T. selaku dosen pembimbing yang banyak memberi masukan pada tugas akhir ini.
4. Seluruh dosen Departemen Teknik Geofisika ITS yang telah banyak memberikan ilmu selama penulis melakukan studi di Departemen Teknik Geofisika ITS.
5. Staf Departemen Teknik Geofisika ITS, atas bantuan teknis dan administrasi yang penulis dapatkan selama menjadi mahasiswa Departemen Teknik Geofisika ITS.
6. *Geoarcheologist Team* yang selalu memberikan dukungan dan kerjasama demi terselesaikannya tugas akhir ini.
7. Keluarga TG-03 yang selalu memberikan dukungan do'a maupun bantuan fisik dan jasa untuk tugas akhir ini
8. Teman – Teman Teknik Geofisika ITS yang telah memberikan dukungan dan semangat.
9. Segenap pihak yang telah membantu dan membimbing penulis yang tidak dapat disebutkan satu per satu.

Dengan segala keterbatasan, Tugas Akhir ini masih jauh dari sempurna. Oleh karena itu, saran dan kritik yang membangun sangat penulis harapkan untuk pengembangan di masa yang akan datang. Penulis berharap semoga tugas akhir ini dapat memberikan manfaat bagi semua pihak dan diterima sebagai sumbangan pemikiran dalam pengembangan ilmu pengetahuan.

Surabaya, 23 Juli 2018

Penulis

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***



# DAFTAR ISI

<b>PERNYATAAN KEASLIAN TUGAS AKHIR .....</b>	<b>ix</b>
<b>Abstrak .....</b>	<b>xi</b>
<b><i>Abstract</i> .....</b>	<b>xiii</b>
<b>KATA PENGANTAR .....</b>	<b>xv</b>
<b>DAFTAR ISI .....</b>	<b>xvii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xix</b>
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xxi</b>
<b>BAB I PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1.    Latar Belakang .....	1
1.2.    Rumusan Masalah .....	3
1.3.    Batasan Masalah.....	3
1.4.    Tujuan .....	3
1.5.    Manfaat .....	3
<b>BAB II DASAR TEORI .....</b>	<b>5</b>
2.1.    Sifat Kelistrikan Batuan .....	5
2.2.    Resistivitas 3D .....	6
2.2.1 Desain akuisisi resistivitas 3D .....	7
2.3.    Kondisi Terkini Situs Kadipaten Terung.....	8
2.4.    Kondisi Terkini Situs Alas Trik .....	9
2.5.    Geologi Regional .....	9
2.5.1 Situs Kadipaten Terung.....	9
2.5.2 Situs Alas Trik .....	10
<b>BAB III METODOLOGI.....</b>	<b>13</b>
3.1.    Tempat dan Waktu .....	13
3.2.    Instrumen Penelitian.....	13
3.3.    Desain Akusisi .....	13
3.4.    Diagram Alir .....	15
3.5.    Pengolahan Data.....	16
<b>BAB IV ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>21</b>
4.1.    Analisa Data .....	21

4.1.1 <i>Forward Modelling</i> (Pemodelan Ke Depan) .....	21
4.2. Hasil Pengolahan Data .....	22
4.2.1 Situs Kadipaten Terung .....	23
4.2.2 Situs Alas Trik .....	33
4.2.3 Korelasi dengan metode resistivitas 2D.....	41
4.3. Pembahasan .....	42
<b>BAB V KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>49</b>
5.1. Kesimpulan .....	49
5.2. Saran .....	49
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>51</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>53</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. 1 Situs Kadipaten Terung (Dokumentasi Pribadi) .....	1
Gambar 1. 2 Situs Alas Trik (Dokumentasi Pribadi) .....	2
Gambar 2. 1 <i>Grid line</i> (Loke, 1999). .....	7
Gambar 2. 2 <i>Non-uniform rectangular grid</i> (Loke, 1999).....	7
Gambar 2. 3 Teknik pengambilan data resistivitas 3D (Loke, 1999) .....	8
Gambar 2. 4 Peta geologi lembar Surabaya-Sapulu (Supandjono dkk., 1992) .	10
Gambar 2. 5 Peta Geologi lembar Mojokerto (Suharsono dkk., 1992).....	11
Gambar 3. 1 Desain akuisisi situs kadipaten terung .....	13
Gambar 3. 2 Desain akuisisi situs alas trik .....	14
Gambar 3. 3 Diagram alir penelitian.....	16
Gambar 3. 4 Input data pada notepad .....	17
Gambar 3. 6 <i>Line setting</i> .....	18
Gambar 3. 5 <i>Mesh constructor</i> .....	19
Gambar 3. 7 <i>Set up</i> inversi.....	20
Gambar 4. 1 Pemodelan ke depan.....	22
Gambar 4. 2 Ilustrasi dari titik akuisi dan hasil inversi.....	23
Gambar 4. 3 Penampang resistivitas bidang depan sayatan 1-11 .....	25
Gambar 4. 4 Penampang resistivitas bidang samping sayatan 1-24 .....	29
Gambar 4. 5 Penampang resistivitas bidang atas bawah sayatan 1-13 .....	31
Gambar 4. 6 Penampang resistivitas bidang depan sayatan 1-7 .....	33
Gambar 4. 7 Penampang resistivitas bidang samping sayatan 1-27 .....	37
Gambar 4. 8 Penampang resistivitas bidang atas bawah sayatan 1-13 .....	39
Gambar 4. 9 Ilustrasi titik pengukuran dengan hasil inversi.....	39
Gambar 4. 10 Hasil penampang resistivitas 2D line 1 (Tugas Akhir Vinca, 2018).....	41
Gambar 4. 11 Distribusi struktur bangunan bawah permukaan situs Kadipaten Terung.....	44
Gambar 4. 12 Distribusi struktur bangunan bawah permukaan situs alas trik ..	44
Gambar 4. 13 Hasil rekonstruksi situs Kadipaten Terung .....	46
Gambar 4. 14 Hasil rekonstruksi situs Alas Trik .....	46
Gambar 6. 1 Akuisisi data di situs kadipaten terung.....	55
Gambar 6. 2 Akuisisi data di situs alas trik .....	55

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## DAFTAR TABEL

Tabel 2. 1 Nilai resistivitas sebagian material bumi (Hunt, 1984).....	5
Tabel 4. 1 Klasifikasi skala nilai resistivitas dan interpretasi hasil inversi .....	42
Tabel 4. 2 Distribusi persebaran struktur bangunan .....	43
Tabel 6. 1 Tabel <i>timeline</i> kegiatan.....	53

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **1.1. Latar Belakang**

Situs arkeologi dari jaman dahulu banyak yang sudah terpendam atau sengaja dipendam di bawah permukaan. Studi tentang situs arkeologi perlu dilakukan untuk mendapatkan informasi mengenai perilaku sosial budaya pada jaman dahulu. Menurut Priyambodo dkk. (2016) minimnya informasi yang diperoleh, tentang situs arkeologi merupakan suatu hambatan dalam proses pencarian situs arkeologi tersebut. Proses pencarian situs arkeologi yang selama ini dilakukan hanya berdasarkan hasil cerita yang berkembang di masyarakat. Penemuan situs arkeologi selama ini kebanyakan berawal dari proses ketidaksengajaan warga yang menemukan singkapan situs dan kemudian dilakukan proses *ekskavasi*.



Gambar 1. 1 Situs Kadipaten Terung (Dokumentasi Pribadi)



Gambar 1. 2 Situs Alas Trik (Dokumentasi Pribadi)

Situs Kadipaten Terung terletak di Kecamatan Krian, Sidoarjo tepatnya desa Terung Wetan. Penemuan struktur bangunan berbentuk huruf J seperti Gambar 1.1 yang diberi nama Candi Terung di Desa Terung Wetan pada tahun 2012 menjadi daya tarik tersendiri bagi daerah tersebut. Selain situs Kadipaten Terung terdapat juga Situs Alas Trik, yang ditemukan di Desa Kedung Bocok, Kecamatan Tarik Sidoarjo. Situs ini merupakan peninggalan kerajaan Majapahit yang berupa batu bata merah kuno yang tersusun 5 trap yang terpendam pada kedalaman 25 cm-30 cm seperti Gambar 1.2. Berdasarkan penjelasan dari kelompok masyarakat yang lebih dulu meneliti situs ini, dijelaskan bahwa hasil penggalian yang tampak di permukaan saat ini hanyalah bagian kecil dari situs, sebab diduga masih ada kemenerusan situs di sekitar daerah yang telah dilakukan penggalian.

Beberapa penelitian terdahulu telah berhasil dilakukan untuk mengidentifikasi pola persebaran situs menggunakan metode resistivitas diantaranya oleh Rochman dkk. (2016) dengan menggunakan aplikasi metode resistivitas untuk mengetahui bawah permukaan dikomplek Candi Belahan. Menurut Indarmadi dkk. (2013) metode resistivitas 3D akan menghasilkan citra yang lebih resolutif dibanding dengan resistivitas 2D karena teknik akuisisi datanya lebih rapat sehingga data yang diperoleh lebih banyak. Resistivitas 3D memiliki bidang-x dan bidang-y ketika akuisisi data sehingga hasil inversi yang didapatkan memiliki tiga bagian yaitu, bidang-x, bidang-y dan bidang-z. Melalui prinsip resistivitas 3D diharapkan dapat diperoleh suatu pencitraan resistivitas bawah permukaan secara 3 dimensi lebih optimal.



## **1.2. Rumusan Masalah**

Masalah yang muncul pada penelitian ini adalah:

1. Bagaimana pola persebaran struktur bangunan bawah permukaan situs kadipaten terung berdasarkan hasil pengukuran resistivitas 3D?
2. Bagaimana pola persebaran struktur bangunan bawah permukaan situs alas trik berdasarkan hasil pengukuran resistivitas 3D?

## **1.3. Batasan Masalah**

Batasan masalah pada penelitian ini adalah:

1. Daerah penelitian merupakan kawasan Situs Kadipaten Terung yang terdapat di Desa Terung Wetan, Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo dan Situs Alas Trik yang terdapat di Desa Kedung Bocok, Kecamatan Trik, Kabupaten Sidoarjo.
2. Tidak dilakukan analisa umur batuan di kedua lokasi penelitian.
3. Penelitian hanya dilakukan dengan metode resistivitas 3D

## **1.4. Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini adalah:

1. Identifikasi pola persebaran struktur bangunan bawah permukaan situs kadipaten terung berdasarkan hasil pengukuran resistivitas 3D.
2. Identifikasi pola persebaran struktur bangunan bawah permukaan situs kadipaten trik berdasarkan hasil pengukuran resistivitas 3D.

## **1.5. Manfaat**

Adapun manfaat dari penelitian ini adalah:

1. Bentuk penerapan ilmu geofisika dalam membantu identifikasi situs-situs arkeologi.
2. Wujud Keikutsertaan dalam mempelajari, memelihara dan mengungkapkan warisan sejarah nusantara dan budaya bangsa yang belum terungkap.
3. Sumber referensi bagi peneliti lain yang ingin mengembangkan penelitian ini lebih lanjut.

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## BAB II DASAR TEORI

### 2.1. Sifat Kelistrikan Batuan

Setiap batuan memiliki karakteristik tersendiri salah satunya adalah resistivitas ( $\rho$ ) (tahanan jenis) yang menunjukkan kemampuan bahan tersebut untuk menghantarkan arus listrik. Semakin besar nilai resistivitas suatu bahan maka semakin sulit bahan tersebut menghantarkan arus listrik, begitu pula sebaliknya. Berdasarkan harga resistivitasnya, batuan digolongkan dalam 3 kategori yakni:

- Konduktor baik :  $10^{-6} < \rho < 1 \Omega\text{m}$
- Konduktor sedang :  $1 < \rho < 107 \Omega\text{m}$
- Isolator :  $\rho > 107 \Omega\text{m}$

Tabel 2. 1 Nilai resistivitas sebagian material bumi (Hunt, 1984)

Material	Resistivity ( $\Omega\text{m}$ )
Tanah lempungan	1.5-3
Lempungan	3-15
Lanauan	15-150
Tanah lanau pasiran	150-300
Batuan dasar lembab	300

Terdapat jangkauan nilai kelistrikan dari setiap batuan yang ada dan hal ini akan membantu dalam penentuan jenis batuan berdasarkan harga resistivitasnya atau sebaliknya. Tabel 4.1 menunjukkan nilai jangkauan tersebut berdasarkan setiap jenis batuan. Nilai ini tidak hanya bergantung pada jenis batuan saja tetapi bergantung pula pada pori yang ada pada batuan tersebut dan kandungan fluida pada pori tersebut (Telford dkk., 1990)

Teori dasar yang digunakan pada metoda resistivitas ini adalah hukum ohm yang menyatakan, arus yang mengalir ( $I$ ) pada suatu medium adalah sebanding dengan beda potensial ( $V$ ) yang terukur dan berbanding terbalik dengan resistansi ( $R$ ) medium dan dapat dirumuskan:

$$V=IR \dots\dots\dots(1)$$

Pengukuran dengan alat ini bekerja dimana alat akan memebrikan arus kedalam permukaan melalui dua elektroda. Kemudian dua elektroda lain menangkap

respon tersebut dalam bentuk beda potensial perbedaan potensial tiap pengambilan data tersebut merepresntasikan adanya perbedaan material yang pada bawah permukaan bumi (Telford dkk., 1990).

Bumi diasumsikan sebagai bola padat yang bersifat homogen, dengan asumsi ini maka seharusnya resistivitas yang terukur merupakan resistivitas sebenarnya. Akan tetapi pada kenyataannya bumi terdiri atas lapisan- lapisan dengan resistivitas yang berbeda-beda, sehingga potensial yang terukur merupakan pengaruh dari lapisan-lapisan tersebut. Dengan demikian harga resistivitas yang terukur bukan merupakan harga resistivitas untuk satu lapisan saja, tetapi beberapa lapisan (Reynold, 2011).

Arus listrik yang dapat menembus permukaan bola yang mempunyai luas  $A$ , tebal  $dr$ , dan beda potensial  $dV$  antara dua titik dalam bola bagian luar dan dalam:

$$I = - \frac{\Delta v}{\rho dr} \dots\dots\dots(2)$$

Luas permukaan dari setengah bola  $= 2\pi r^2$ , maka persamaan (1) menjadi :

$$I = - \frac{2\pi r}{\rho} \frac{dv}{dr} \dots\dots\dots(3)$$

(Telford dkk., 1990).

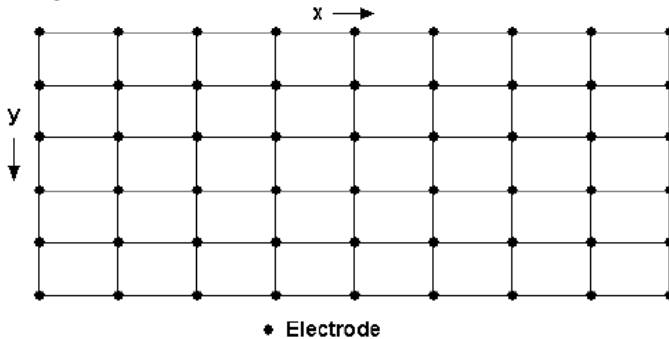
## 2.2. Resistivitas 3D

Bumi sesungguhnya dalam bentuk 3D perlu adanya suatu metode resistivitas yang mampu memberikan penggambaran di bawah permukaan dalam bentuk 3D. Metode geolistrik resistivitas 3D mampu memberikan gambaran 3D dari bawah permukaan tentang resistivitas lebih detail dibandingkan dengan resistivitas 2D, oleh karena itu tidak hanya memberikan citra distribusi resistivitas dalam penampang vertikal saja tetapi juga dalam bentuk penampang horisontal (Loke, 1999).

Metode resistivitas 3D mampu memberikan gambaran bawah permukaan tentang tahanan jenis lebih detail dibandingkan dengan resistivitas 2D. Namun resistivitas 3D jarang dipakai karena biaya yang diperlukan besar dan tenaga yang dibutuhkan selama pengukuran banyak terutama pada area yang luas. Pada saat ini terdapat dua jenis solusi yang sedang dikembangkan untuk mengatasi permasalahan tersebut. Pertama pengembangan resistivimeter dengan *multi-channel* yang bisa membaca data dengan sekali penginjeksian arus sehingga mengurangi waktu biaya dan tenaga yang diperlukan. Kedua mengembangkan teknologi mikro komputer berkecepatan tinggi yang disiapkan untuk melakukan proses inversi data dalam skala besar dengan petak survei lebih luas dalam waktu yang lebih singkat (Loke, 1999).

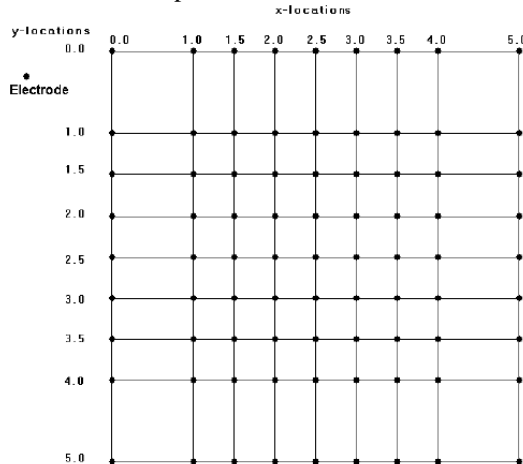
### 2.2.1 Desain akuisisi resistivitas 3D

Desain bentangan pada akuisisi resistivitas 3D disusun membentuk persegi panjang dengan jarak yang sama masing-masing elektroda (*uniform grid line*)



Gambar 2. 1 *Grid line* (Loke, 1999).

Namun pada area tertentu dengan topografi yang abstrak, tidak memungkinkan untuk menyusun elektroda dengan jarak yang sama. Biasanya jarak elektroda arus lebih besar dibanding area survey. *Non-uniform grid line* dapat digunakan untuk menambah *grid line* agar elektroda arus ( $C_1$  dan  $C_2$ ) masuk dalam survei grid. Dalam hal ini , jarak antara grid line harus bertambah secara bertahap sampai grid line terakhir mencapai elektroda terluar.

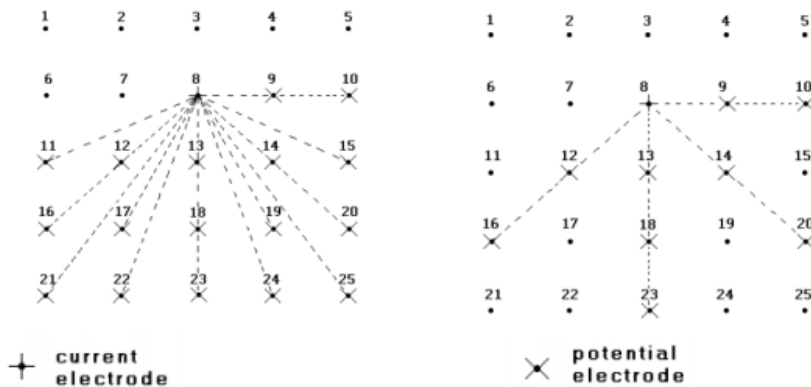


Gambar 2. 2 *Non-uniform rectangular grid* (Loke, 1999).

Pengukuran dengan konfigurasi pole-pole dapat dilakukan dengan teknik *complete data set survey* dan *cross-diagonal survey*. Teknik *complete data set survey* merupakan suatu teknik pengambilan data yang lengkap pada tiap elektroda. Sedangkan teknik *cross-diagonal survey* merupakan teknik singkat dari teknik *complete data set survey*. Pada teknik *cross-diagonal survey* pengukuran dilakukan sepanjang sumbu-x, sumbu-y dan sumbu diagonal petak lintasan. Kedua teknik tersebut dapat dilihat pada gambar 2.3. Metode geolistrik resistivitas 3D tidak sering dipakai dalam survei penelitian geofisika, namun resistivitas 3D hanya digunakan dalam pengembangan metode resistivitas itu sendiri. Faktor yang menyebabkan metode geolistrik resistivitas 3D jarang digunakan adalah besarnya faktor biaya, banyak tenaga yang dibutuhkan terutama pada area yang luas (Loke, 1999).

a) Complete data set survey

b).Cross-diagonal survey



Gambar 2. 3 Teknik pengambilan data resistivitas 3D (Loke, 1999).

### 2.3. Kondisi Terkini Situs Kadipaten Terung

Situs Kadipaten Terung terletak di Desa Terung Wetan, Kecamatan Krian, Sidoarjo. Situs ini berlokasi di lahan yang banyak ditumbuhi tanaman bambu milik warga setempat yang bernama Mbah Sahuri. Terdapat beberapa peninggalan purbakala yang bisa ditemukan di sekitar Situs Kadipaten Terung seperti Makam Raden Ayu Putri Ontjat Tondho Wurung, batu manggis, sumur manggis, sumur gentong, dan struktur bangunan berbentuk huruf J seperti Gambar 1.1 yang diberi nama Candi Terung.

Candi Terung ini ditemukan sekitar tahun 2012 yang lalu. Menurut rekannya Mbah Huri yang bernama Jansen, situs bersejarah ini memiliki 15 susunan batu bata ke bawah. Bangunan batu bata ini tersusun rapi ke bawah dengan bagian atas membentuk huruf "J". Pada situs batu bata ini terdapat

simbol Lingga dan Yoni. Simbol Lingga dan Yoni terdapat pada tumpukan batu bata yang memanjang dengan ukuran 10,8 meter dan lebar 2,33 meter itu. Simbol itu juga ditemukan pada batu bata yang tercecer di sekitar lokasi penggalian. Simbol Lingga berbentuk dua garis memanjang yang terukir pada batu bata itu. Sedangkan simbol Yoni berbentuk dua garis yang melengkung ke atas, menyerupai huruf U. Dua simbol tersebut berada di batu bata itu. Melihat bentuk batu bata yang besar, situs tersebut diperkirakan termasuk peninggalan zaman Majapahit. Sebab, kebanyakan situs peninggalan Majapahit, terdiri dari batu bata serupa.

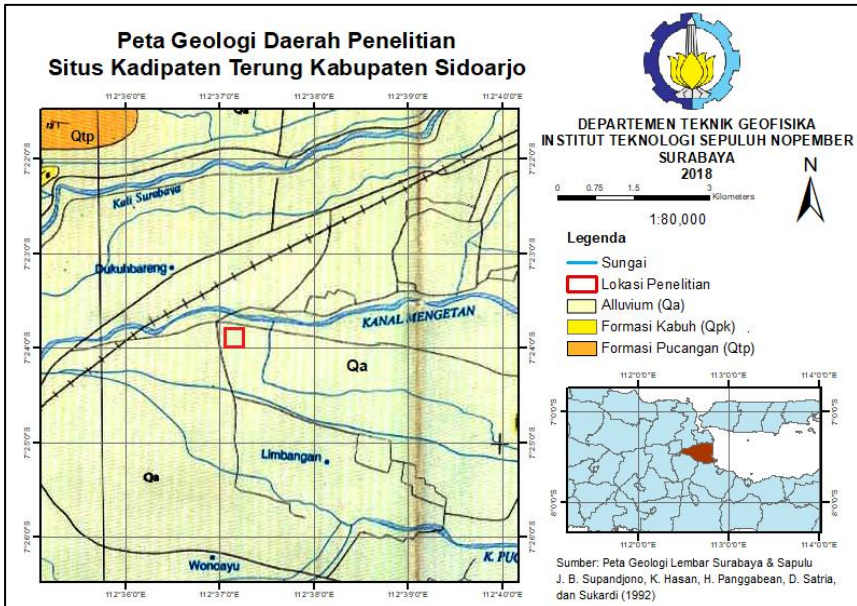
## **2.4. Kondisi Terkini Situs Alas Trik**

Penemuan situs terbaru yang ditemukan di daerah Kedung Bocok yaitu pada Sabtu 3 Februari 2018, seorang warga dusun Klintar Kedung Bocok yang bernama bapak Paiman menemukan situs Alas Trik di area pemakaman umum dusun Klintar, yang kemudian dilakukan proses penggalian dan ditemukan struktur batu bata merah kuno yang diduga sebagai bekas pondasi ruangan kedaton Majapahit awal di daerah Alas Trik yang terpendam di bawah permukaan sekitar 25 cm sampai 30 cm seperti Gambar 1.2. Hasil penggalian sementara hanya ditemukan struktur bata yang tersusun 5 trap. Penggalian sementara dihentikan karena banyaknya air yang merembes ke area situs sehingga mengalami kesulitan dalam penggalian. Berdasarkan cerita dalam serat Pararaton bahwa setelah keruntuhan Kerajaan Singosari, Dyah Sanggramawijaya diberi tempat oleh Prabu Jayakatwang untuk bermukim di hutan Trik, dikatakan hutan Trik berada diantara dua sungai dan dekat dengan Pelabuhan Canggal. Balai arkeologi Yogyakarta pernah mengadakan penelitian di Dusun Medowo yang bersebelahan dusun Klintar yang menjelaskan bahwa pada daerah Medowo terdapat pemukiman kuno awal Majapahit. Atas dasar itu situs yang baru saja ditemukan diberi nama Situs Alas Trik.

## **2.5. Geologi Regional**

### **2.5.1 Situs Kadipaten Terung**

Situs Kadipaten Terung secara administratif termasuk dalam Kabupaten Sidoarjo tapi secara geologi regional termasuk dalam peta geologi lembar Surabaya-Sapulu. Dari peta geologi yang ada bisa diketahui bahwa regional Surabaya-Sapulu didominasi oleh endapan alluvium (Qa) yang ditandai warna putih pada peta geologi. Lokasi Situs Kadipaten Terung dapat ditemukan pada aplikasi *google earth* dengan nama Pesarean Raden Ayu Putri Ontjat Tondo Wurung Desa Terung Wetan, Kecamatan Krian, Kabupaten Sidoarjo. Titik pengukuran ditunjukkan oleh gambar persegi empat berwarna hijau pada peta geologi Gambar 2.4.

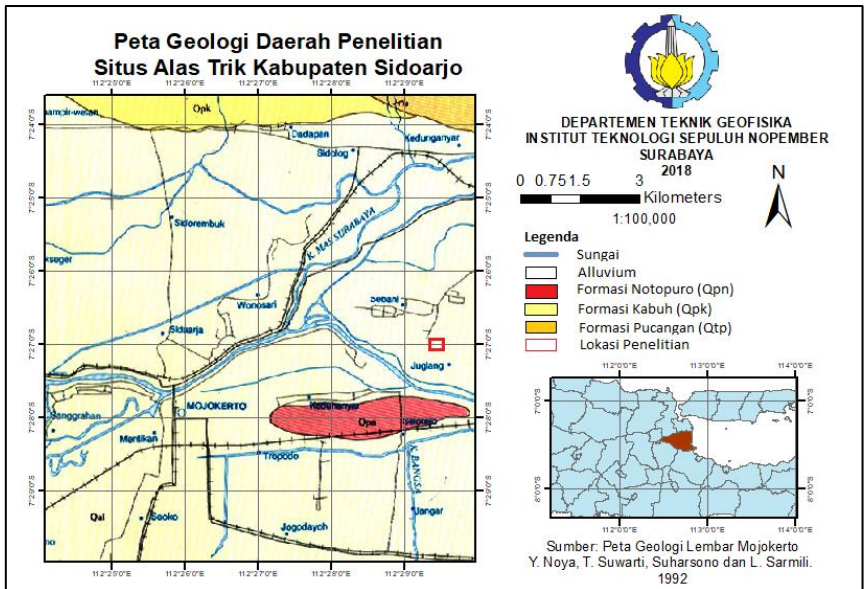


Gambar 2. 4 Peta geologi lembar Surabaya-Sapulu (Supandjono dkk., 1992)

## 2.5.2 Situs Alas Trik

Situs Alas Trik secara administratif masuk kedalam Kabupaten Sidoarjo, namun berdasarkan peta geologi regional masuk kedalam peta geologi lembar Mojokerto. Berdasarkan informasi dari peta geologi daerah Kecamatan Tarik berada pada litologi alluvium (Qa). Pada bagian selatan berbatasan dengan formasi Notopuro, sedangkan di bagian utara berbatasan dengan antiklin Kedungwaru. Kecamatan Tarik sendiri diapit oleh Kali Mas di bagian utara dan Kali Porong di bagian selatan. Titik pengukuran ditunjukkan oleh gambar lingkaran berwarna merah pada peta geologi Gambar 2.5.





Gambar 2. 5 Peta Geologi lembar Mojokerto (Suharsono dkk., 1992)

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## BAB III METODOLOGI

### 3.1. Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret 2018 hingga bulan Juni 2018. Lokasi penelitian berada di Desa Terung Wetan, Kecamatan Krian Kabupaten Sidoarjo dan Desa Kedung Bocok, Kecamatan Tarik, Kabupaten Sidoarjo.

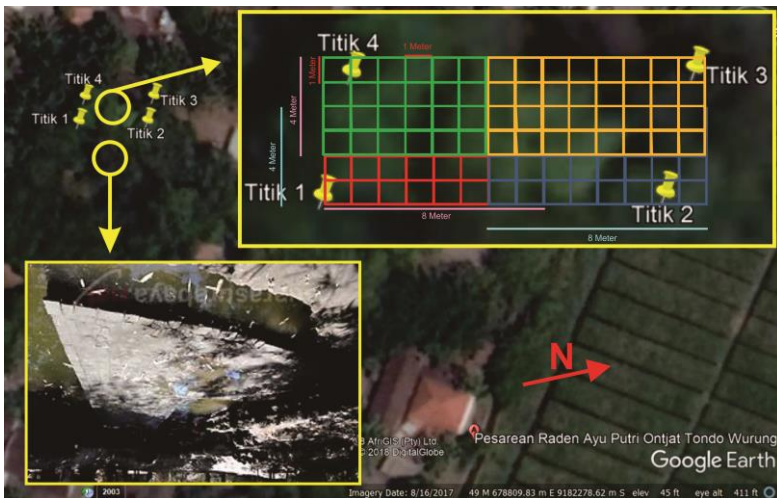
### 3.2. Instrumen Penelitian

Instrumen yang digunakan pada penelitian ini antara lain:

1. Perangkat lunak: Google Earth, Pengolahan resistivitas 3D dan Microsoft Excel 2018.
2. Perangkat keras: *Multichannel FYA 1.0*, meteran, GPS, kompas dan laptop.

### 3.3. Desain Akusisi

Adapun desain akusisi yang digunakan dalam penelitian ini ada pada gambar berikut.



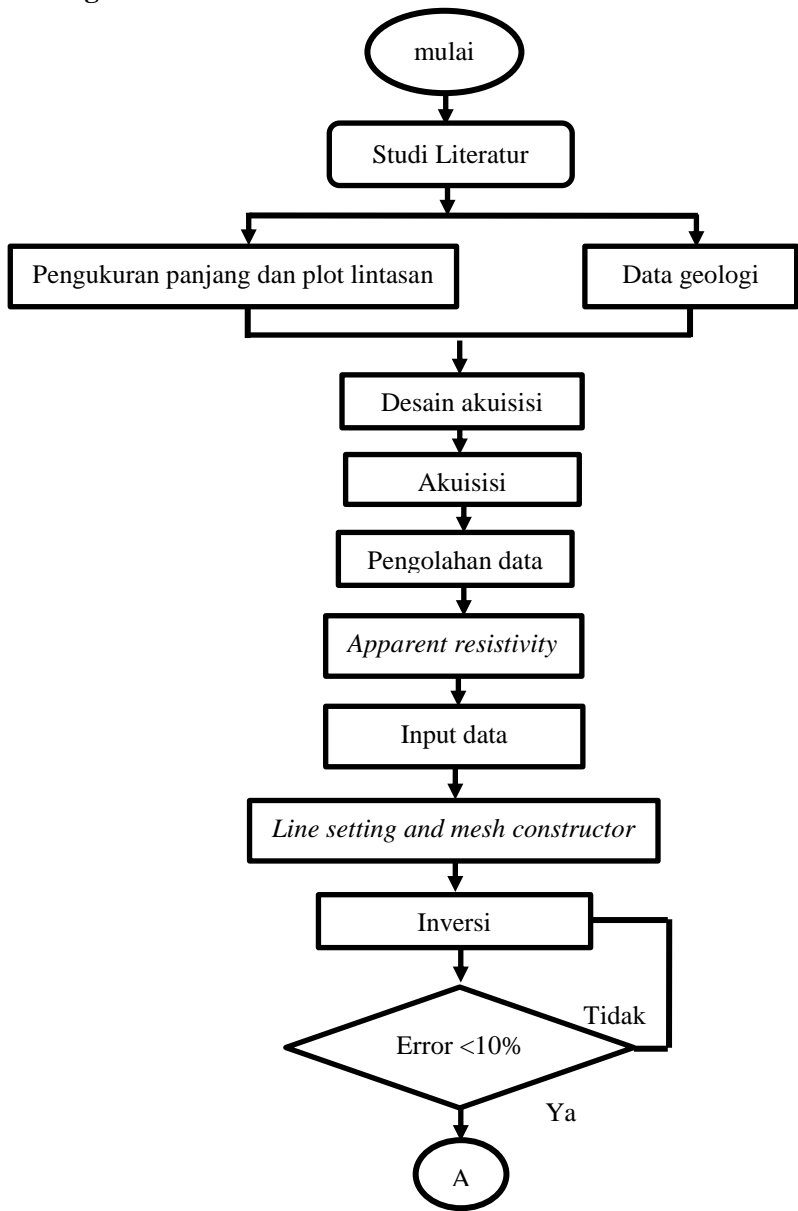
Gambar 3. 1 Desain akusisi situs kadipaten terung

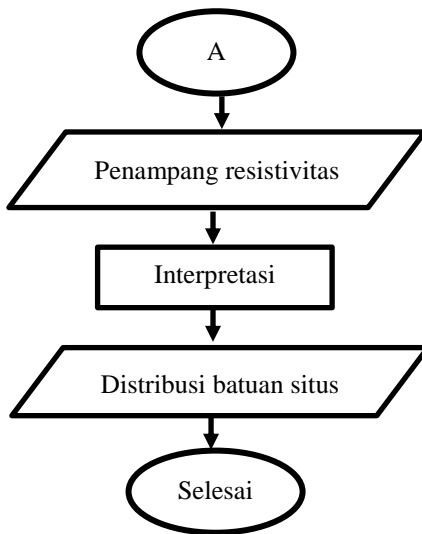


Gambar 3. 2 Desain akuisisi situs alas trik

Terdapat 2 lokasi penelitian dengan desain lintasan yang berbeda. Pada situs Kadipaten Terung menggunakan *overlay* dari 4 lintasan dengan desain akuisisi yang terletak di sebelah barat lokasi situs yang telah dilakukan penggalian, seperti pada Gambar 3.1. Hal tersebut dikarenakan disebelah selatan telah dilakukan penggalian juga tetapi tidak menemukan kemenerusan situs, disebelah utara tidak memungkinkan untuk dilakukan akuisisi karena adanya warung dan sumur warga. Panjang 1 lintasan pengukuran yaitu 8 meter terhadap bidang-x dan 4 meter terhadap bidang-y dengan spasi antar elektroda 1 meter dan *overlay* pada masing-masing lintasan 2 meter terhadap bidang-x dan 2 meter terhadap bidang-y. Sehingga diperoleh panjang lintasan total 16 meter x 6 meter. Sedangkan pada situs Alas Trik, seperti pada Gambar 3.2 desain akuisisi menggunakan *overlay* 2 lintasan yang terletak di sebelah utara lokasi seberang sungai kecil karena diduga daerah tersebut merupakan pusat dari situs. Lintasan itu dibuat berdasarkan hasil dari *survey* lapangan yang memperhatikan kondisi lokasi, panjang lintasan, kesesuaian dengan target dan lain sebagainya. Panjang 1 lintasan pengukuran yaitu 8 meter terhadap bidang-x dan 4 meter terhadap bidang-y dengan spasi antar elektroda 1 meter dan *overlay* pada masing-masing lintasan 2 meter terhadap bidang-x dan 2 meter terhadap bidang-y. Sehingga diperoleh panjang lintasan total 16 meter x 4 meter.

3.4. Diagram Alir





Gambar 3. 3 Diagram alir penelitian

Berikut penjelasan diagram alir secara singkat.

1. Dilakukan studi awal berupa studi geologi regional daerah penelitian serta dilakukan studi literatur meliputi jurnal mengenai georkeologi dan penelitian serupa yang telah dilakukan.
2. Pengumpulan data berupa peta geologi daerah penelitian, koordinat daerah target yang akan diteliti dan parameter-parameter nilai resistivitas yang akan dijadikan acuan penelitian.
3. Penentuan titik pengukuran dan desain akuisisi sesuai dengan daerah target dan kondisi sekitar.
4. Akuisisi data resistivitas 3D seperti yang dijelaskan pada Bab 3.3.
5. Pengolahan data resistivitas 3D menggunakan perangkat lunak pengolahan resistivitas 3D seperti yang dijelaskan pada Bab 3.5.
6. Korelasi antara hasil penampang inversi resistivitas 3D dengan data metode lain.
7. Interpretasi data hasil inversi serta penentuan pola persebaran bangunan bawah permukaan situs.

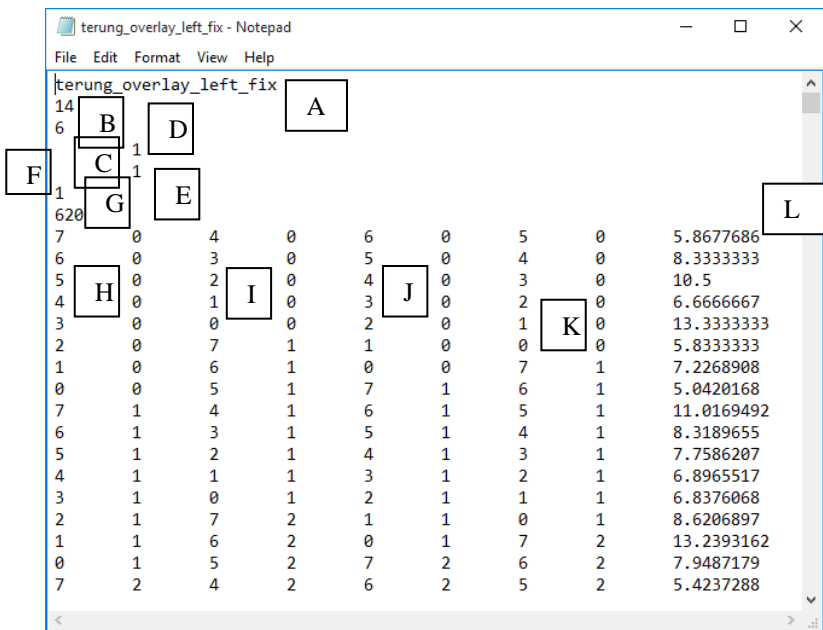
### 3.5. Pengolahan Data

Pengolahan data pertama kali dilakukan pada *Microsoft Excel* dengan tujuan menghitung nilai *apparent resistivity* dari data arus, tegangan yang diperoleh. Tahap pengolahan data *apparent resistivity* terdiri dari proses inversi data dengan menggunakan perangkat lunak perangkat lunak pengolahan

resistivitas 3D untuk memperoleh nilai resistivitas yang sebenarnya. Berikut ini adalah tahap pengolahan data.

### 1. Membuat input data pada notepad

Nilai *apparent resistivity* yang telah diperoleh dari perhitungan pada *Microsoft Excel* selanjutnya akan diinput pada perangkat lunak pengolahan resistivitas 3D untuk selanjutnya dilakukan proses inversi. Input data pada perangkat lunak pengolahan resistivitas 3D menggunakan format *.dat*. Format data tersebut berisi nama *file*, panjang lintasan, spasi elektroda, kode konfigurasi elektroda yang digunakan, jumlah datum, koordinat x dan y dari setiap elektroda pada masing-masing datum, dan nilai variasi *apparent resistivity* seperti Gambar 3.4.



Gambar 3. 4 Input data pada notepad

Dimana:

- A: Nama *file* penyimpanan
- B: Panjang lintasan sumbu x
- C: Panjang lintasan sumbu y
- D: Spasi elektroda sumbu x
- E: Spasi elektroda sumbu y
- F: Kode konfigurasi yang digunakan

G: Jumlah datum

H: Koordinat x dan y pada elektroda A

I: Koordinat x dan y pada elektroda B

J: Koordinat x dan y pada elektroda M

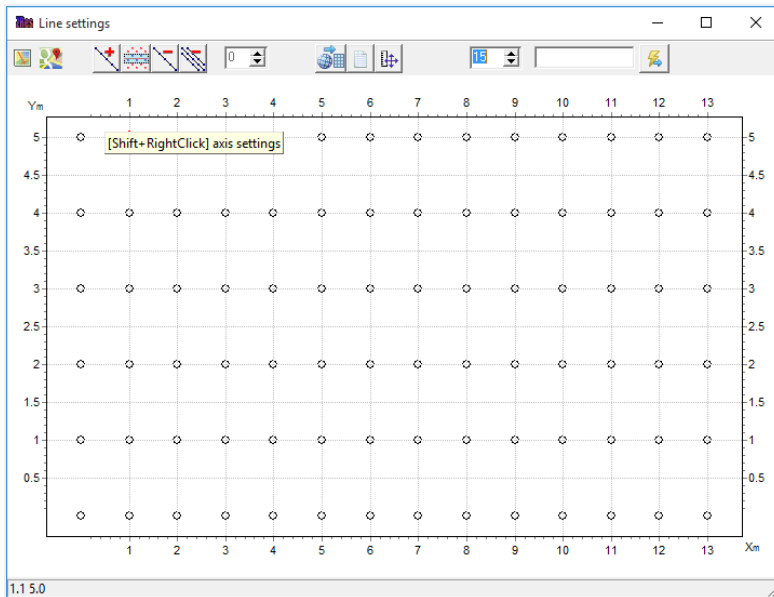
K: Koordinat x dan y pada elektroda N

L: Nilai *apparent resistivity*

Setelah selesai input data pada perangkat lunak pengolahan resistivitas 3D maka pengolahan data diawali dengan beberapa pengaturan sebagai berikut.

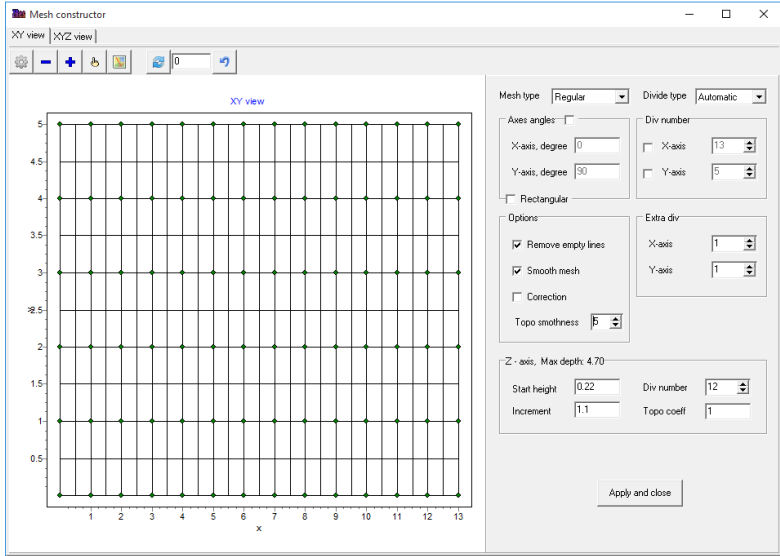
## 2. *Line Setting* dan *Mesh Constructor*

Pada pengaturan *default* yang digunakan terkadang belum sesuai dengan kondisi dan desain akuisisi di lapangan. Pengaturan default pada *software* belum meletakkan titik gridelektroda default menurut *software* itu sendiri. Jadi, perlu disesuaikan lagi dengan kondisi grid pada saat akuisisi seperti Gambar 3.5 dan Gambar 3.6.



Gambar 3.5 *Line setting*





Gambar 3. 6 Mesh constructor

### 3. Proses Inversi

Inversi dilakukan untuk memperoleh penampang resistivitas berdasarkan hasil pengukuran sebenarnya dan perhitungan *software*. Maka dari itu perlu diperhatikan beberapa pilihan dalam tahap inversi. Pada penelitian kali ini digunakan inversi *smoothness constrain least square* dengan iterasi sebanyak 10 kali. Metode inversi tersebut merupakan metode yang lebih cocok dengan kondisi di lapangan. Digunakan pula *smoothing factor* untuk mendapatkan error sekitar 10%. Gambar 3.7 merupakan *set up* inversi yang digunakan untuk pengolahan data pada penelitian ini. *Standard Smoothness-Constrain Least Square Inversion*, Metode kuadrat terkecil (*least square*) merupakan salah satu metode yang sering digunakan untuk mendapatkan nilai-nilai parameter dalam pemodelan regresi (Krisma, 2013). Adapun persamaan Least Square yaitu:

$$(J^T J + \mu F) d = J^T g - \mu F r \quad (4.1)$$

dengan

$$F = f_x f_x^T + f_z f_z^T \quad (4.2)$$

Dimana:

$J$ : matriks jacobian

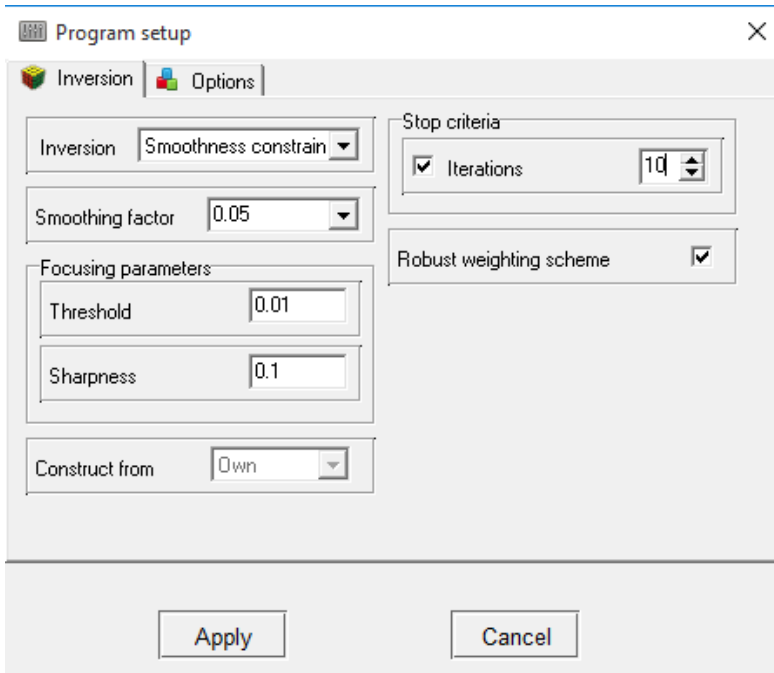
$\mu$ : factor redaman

$d$ :vector perubahan parameter model

$g$ : vector perbedaan antara hasil observasi dengan perhitungan (*discrepancy vector*)

$F$ : matriks-matriks *smoothing*

$r$ : nilai-nilai resistivitas model



Gambar 3. 7 Set up inversi

## **BAB IV**

### **ANALISA DATA DAN PEMBAHASAN**

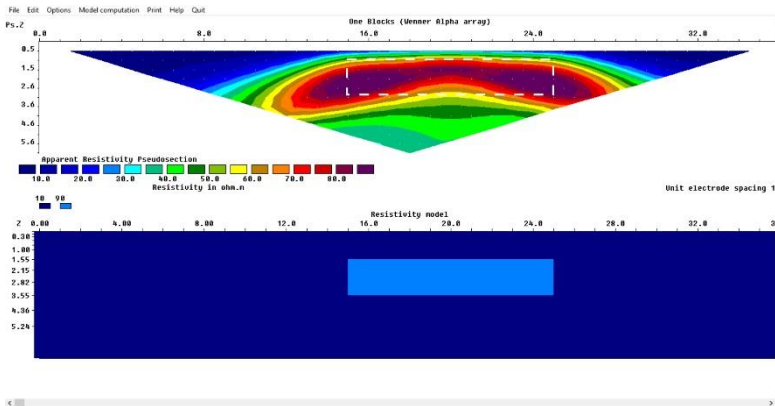
#### **4.1. Analisa Data**

Telah dilakukan pengukuran resistivitas 3D menggunakan konfigurasi wenner dengan  $n=1,2,3...10$  dan target pengukuran persebaran struktur bangunan bawah permukaan situs. Terdapat 2 lokasi pengukuran dengan panjang dan spasi elektroda yang bervariasi. Penjelasan detail mengenai hal tersebut tertera pada sub bab 3.3. Pengukuran dilakukan di Desa Terung Wetan, Kecamatan Krian Kabupaten Sidoarjo dan Desa Kedung Bocok, Kecamatan Tarik, Kabupaten Sidoarjo. Pengolahan data *apparent resistivity* dilakukan dengan menggunakan perangkat lunak Pengolahan resistivitas 3D sehingga diperoleh penampang tiga dimensi variasi nilai *resistivity* yang merepresentasikan penampang bawah permukaan daerah penelitian. Penelitian ini disusun menggunakan pendekatan kualitatif dan kuantitatif. Analisa kuantitatif dilakukan berdasarkan nilai resistivitas terhadap pola persebaran struktur bangunan bawah permukaan situs. Kemudian dilakukan korelasi antara hasil resistivitas 3D dengan metode lain sehingga saling menguatkan untuk merepresentasikan pola persebaran struktur bangunan bawah permukaan situs.

##### **4.1.1 Forward Modelling (Pemodelan Ke Depan)**

Pemodelan ke depan merupakan salah satu langkah dilakukan untuk melakukan pendekatan kualitatif dan kuantitatif dalam penelitian ini. Melalui pemodelan ke depan dapat diprediksi anomali yang tampak berdasarkan model matematis dengan memberikan parameter model yang mempresentasikan kondisi di lapangan. Sehingga dapat dilakukan percobaan untuk mencari kesesuaian data teoritis dengan model yang di inputkan. Model awal yang digunakan pada penelitian ini yaitu lapisan formasi lempung lanauan dengan nilai resistivitas  $10 \Omega m$  dan sebuah anomali yang mempresentasikan tumpukan batu bata situs dengan nilai resistivitas  $90 \Omega m$  yang mengacu pada Hunt (1984).

Pada Gambar 4.1 bagian atas dapat dianalisa bahwa lapisan yang memiliki nilai resistivitas tinggi lebih dari  $80 \Omega m$  merupakan lapisan penyusun struktur bangunan bawah permukaan. Bagian bawah Gambar 4.1 merupakan model awal yang digunakan. Anomali tumpukan batu bata situs ditandai dengan garis putus-putus warna putih. Kontras warna dan nilai resistivitas yang dihasilkan terhadap anomali situs dapat dijadikan sebagai pedoman untuk mensinkronisasikan dengan hasil inversi.



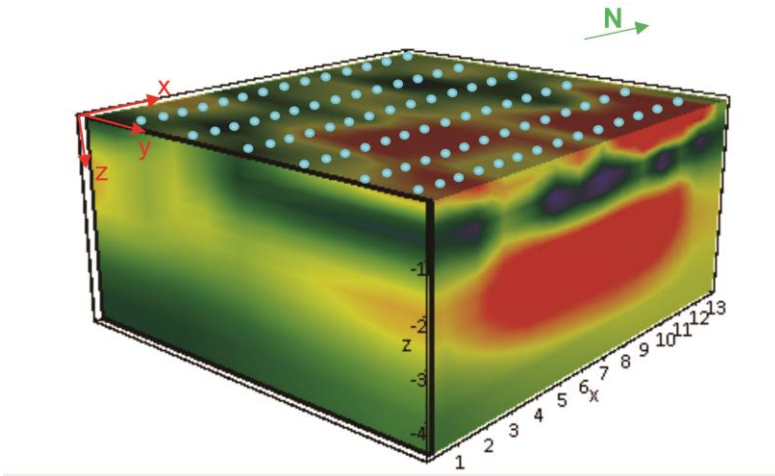
Gambar 4. 1 Pemodelan ke depan

## 4.2. Hasil Pengolahan Data

Target pengukuran kali ini adalah pola persebaran struktur bangunan bawah permukaan situs. Rentang kedalaman yang diperoleh pada pengukuran kali ini adalah 1.5-3.5 meter. Rentang nilai resistivitas yang digunakan sesuai dengan nilai maksimum dan minimum data tiap lintasan namun keseluruhan memiliki rentang yang relatif sama. Dari hasil penampang resistivitas dapat diketahui pola persebaran struktur bangunan bawah permukaan situs. Maka dari itu dapat diketahui bagaimana respon nilai resistivitas terhadap pola persebaran dan kemenerusan dari struktur situs yang telah ditemukan dan selanjutnya dapat dilakukan ekskavasi. Pada setiap lokasi penelitian terdapat beberapa bagian bidang yang dapat dijelaskan untuk lebih mempresentasikan detail dari hasil persebaran nilai resistivitas. Berikut ini adalah hasil inversi menggunakan perangkat lunak pengolahan resistivitas 3D pada kedua lokasi pengukuran.

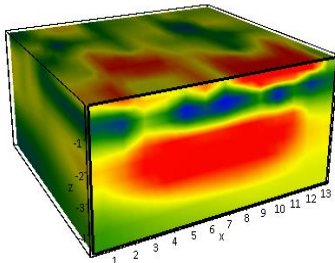
#### 4.2.1 Situs Kadipaten Terung

Pada lokasi situs kadipaten terung dilakukan proses iterasi sebanyak 10 kali dan diperoleh error sebesar 10.9%. Lokasi ini terdapat 4 lintasan yang dilakukan *overlay* dengan total panjang lintasan 13 meter x 5 meter dengan spasi antar elektroda 1 meter seperti pada Gambar 3.1 dan n sebanyak 10 diperoleh kedalaman 4.7 meter. Terdapat 3 bagian bidang yang akan disajikan (x, y, z) dan masing-masing memiliki beberapa sayatan yang dijelaskan pada Gambar 4.3, Gambar 4.4 dan Gambar 4.5. Titik elektroda total sebanyak 84 titik dengan hasil ilustrasi dari titik akuisisi dan hasil inversi disajikan pada Gambar 4.2 dengan arah utara searah dengan bidang-y.

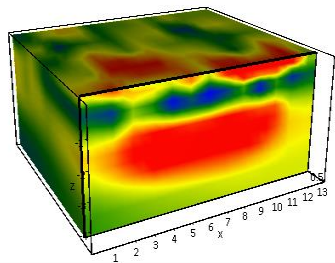


Gambar 4. 2 Ilustrasi dari titik akuisisi dan hasil inversi

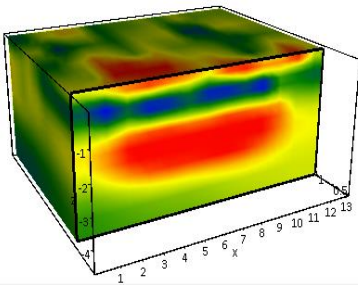
a. Bidang depan (x)



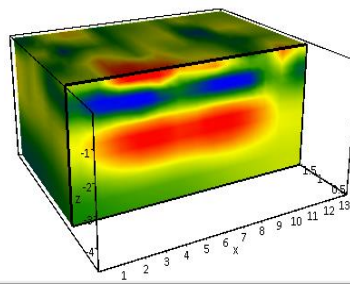
1



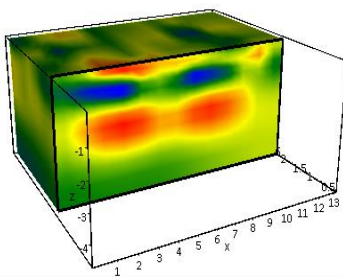
2



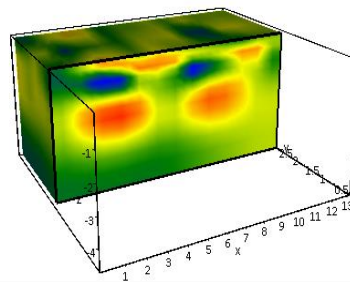
3



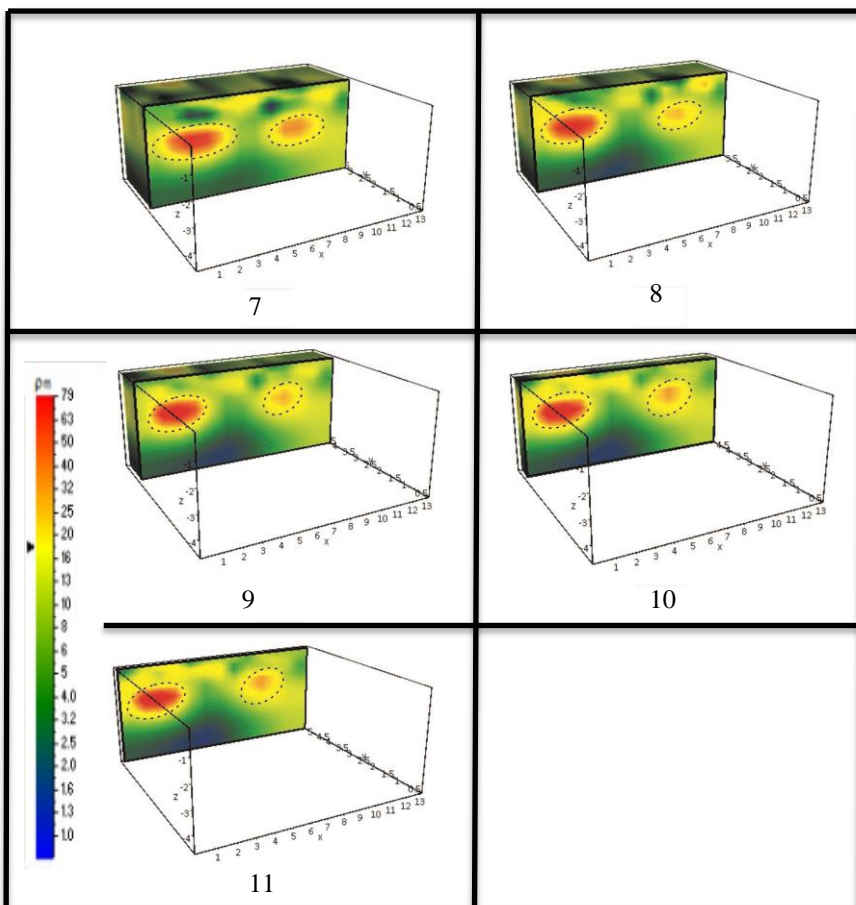
4



5

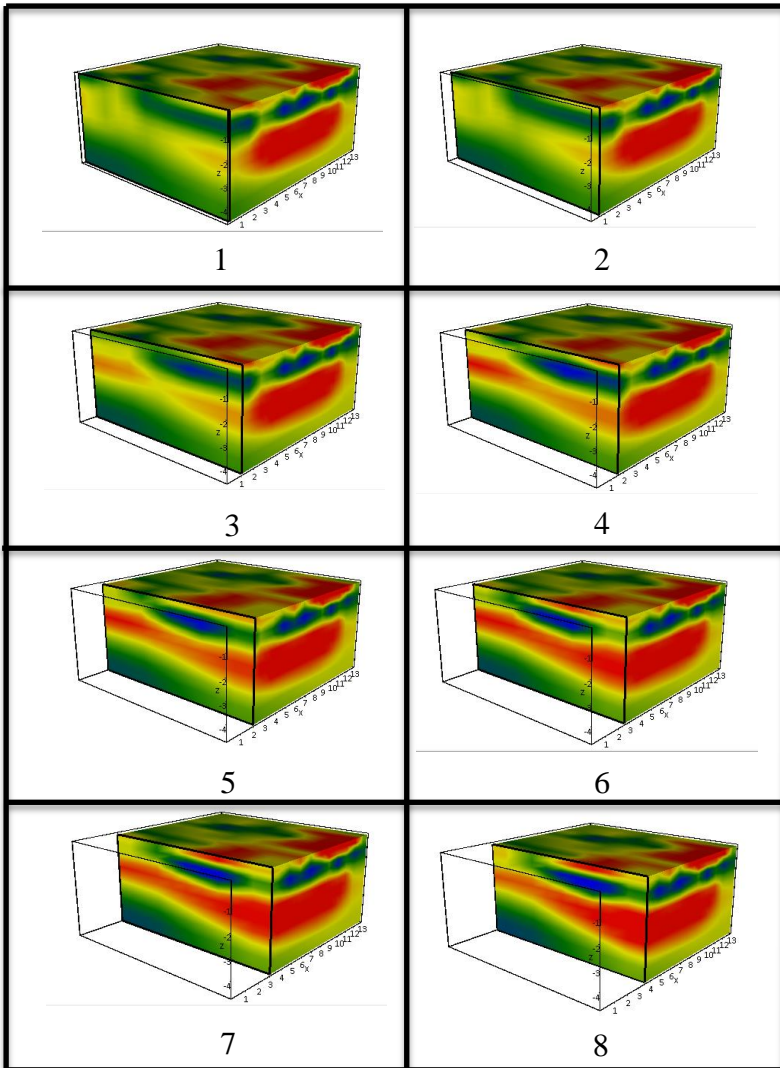


6

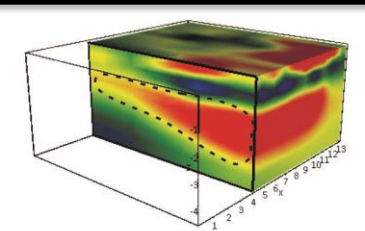


Gambar 4. 3 Penampang resistivitas bidang depan sayatan 1-11

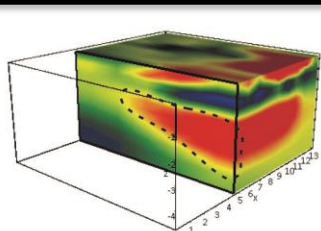
*b.* Bidang sampling (y)



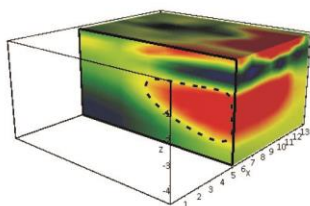




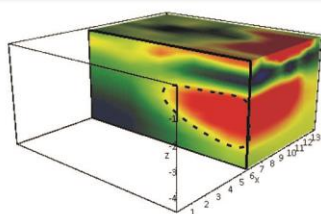
9



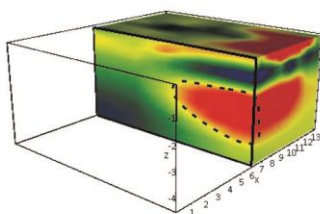
10



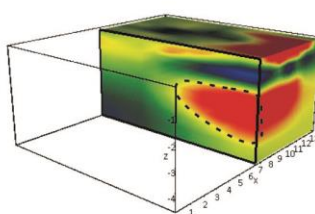
11



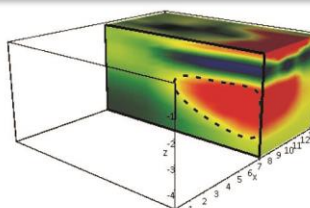
12



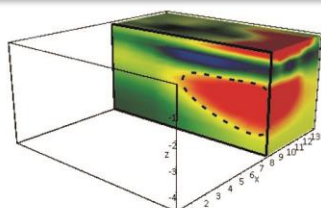
13



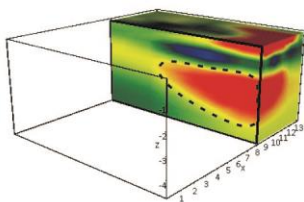
14



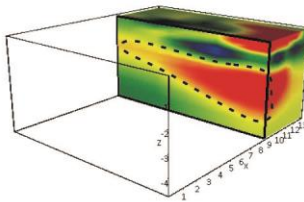
15



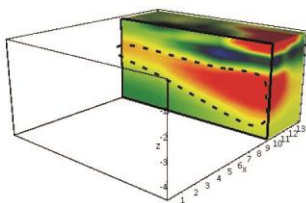
16



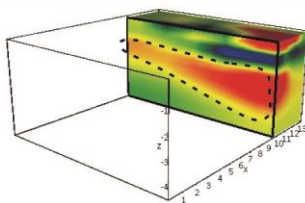
17



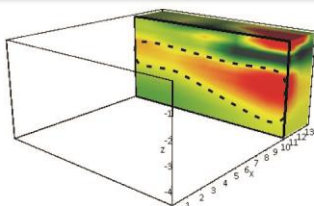
18



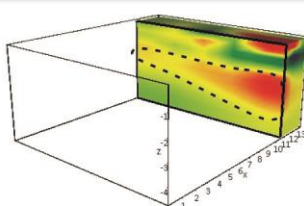
19



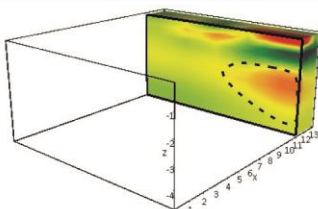
20



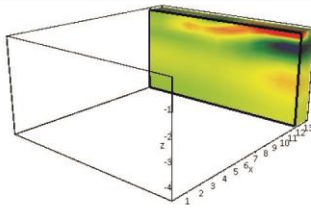
21



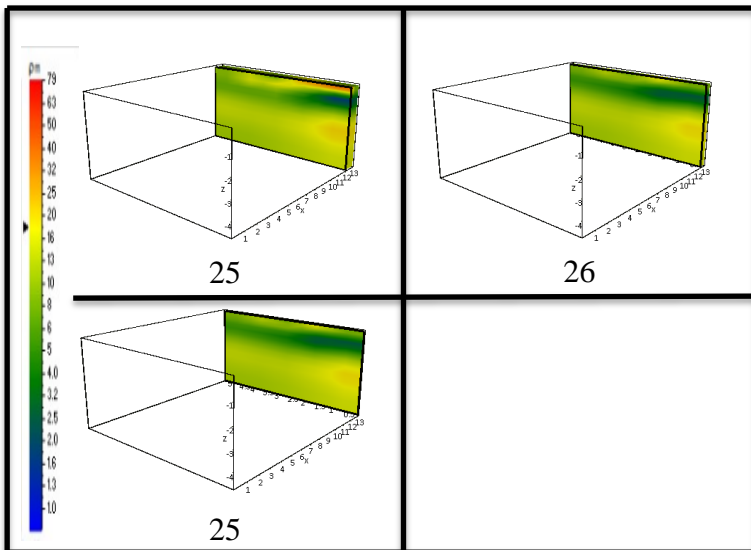
22



23

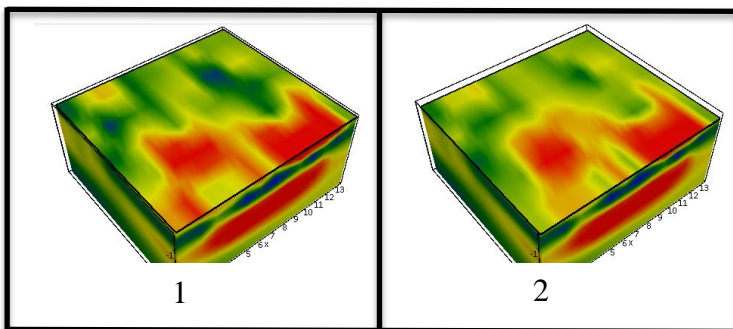


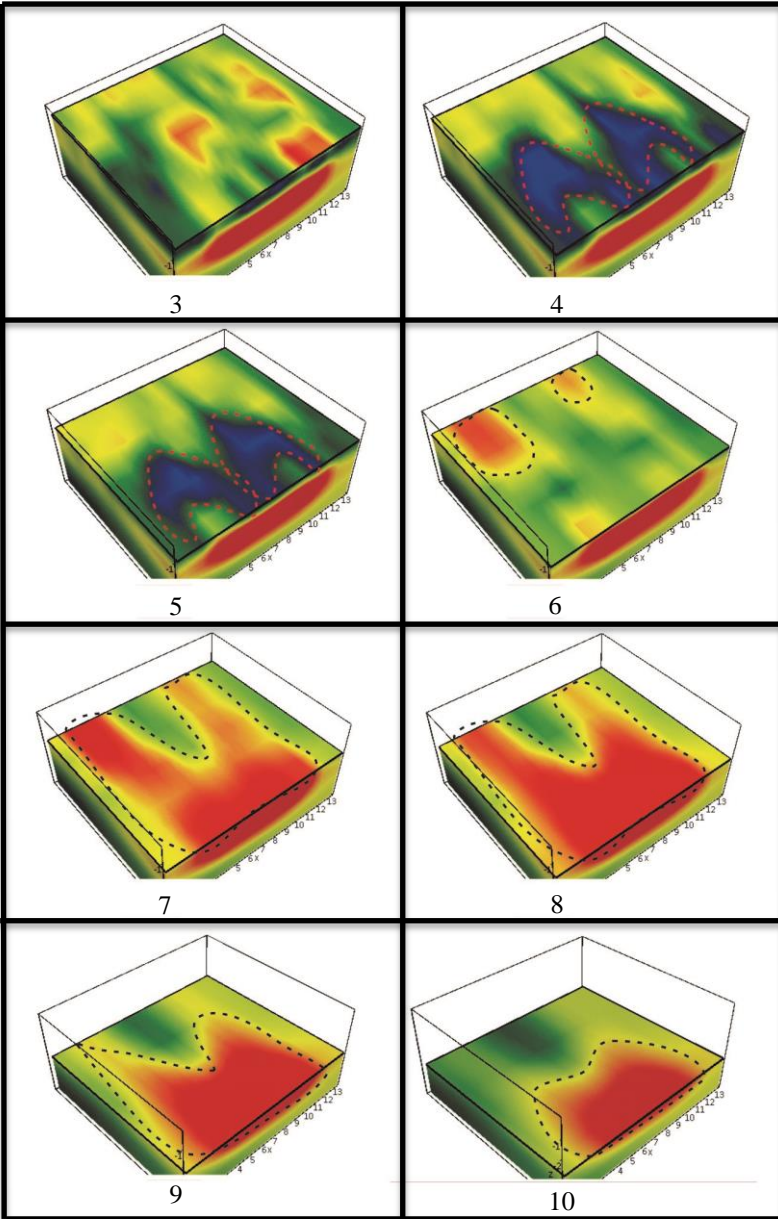
24

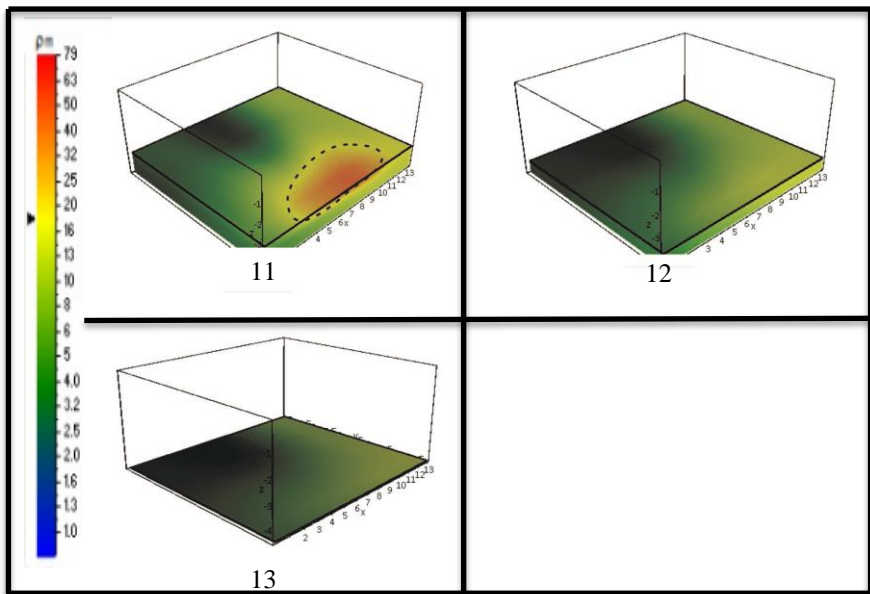


Gambar 4. 4 Penampang resistivitas bidang samping sayatan 1-24

c. Bidang atas bawah (z)







Gambar 4. 5 Penampang resistivitas bidang atas bawah sayatan 1-13

Pada lokasi situs kadipaten terung, baik bidang depan, samping ataupun atas bawah, nilai resistivitas yang cukup tinggi dibandingkan dengan sekitarnya diindikasikan sebagai batuan penyusun bangunan bawah permukaan (situs). Anomali nilai resistivitas yang tinggi sekitar  $30 \Omega\text{m} - 80 \Omega\text{m}$  diindikasikan litologi batuan berupa batu bata penyusun situs. Anomali nilai resistivitas sedang sekitar  $10 \Omega\text{m}$  diindikasikan sebagai lempung pasir an penyusun litologi sekitar. Sedangkan anomali nilai resistivitas yang rendah kurang dari  $2 \Omega\text{m}$  diindikasikan sebagai lempung basah yang mengandung air.

Pada bidang depan, dapat terlihat anomali batuan penyusun situs berada pada jarak 1-11 bidang-x dengan kedalaman 1.5 – 3.5 meter. Hal tersebut dapat dilihat lebih jelas pada Gambar 4.3 (sayatan 1-11). Terdapat percabangan pada jarak 5-7 bidang-x seperti yang terdapat pada Gambar 4.3 (sayatan 6-11).

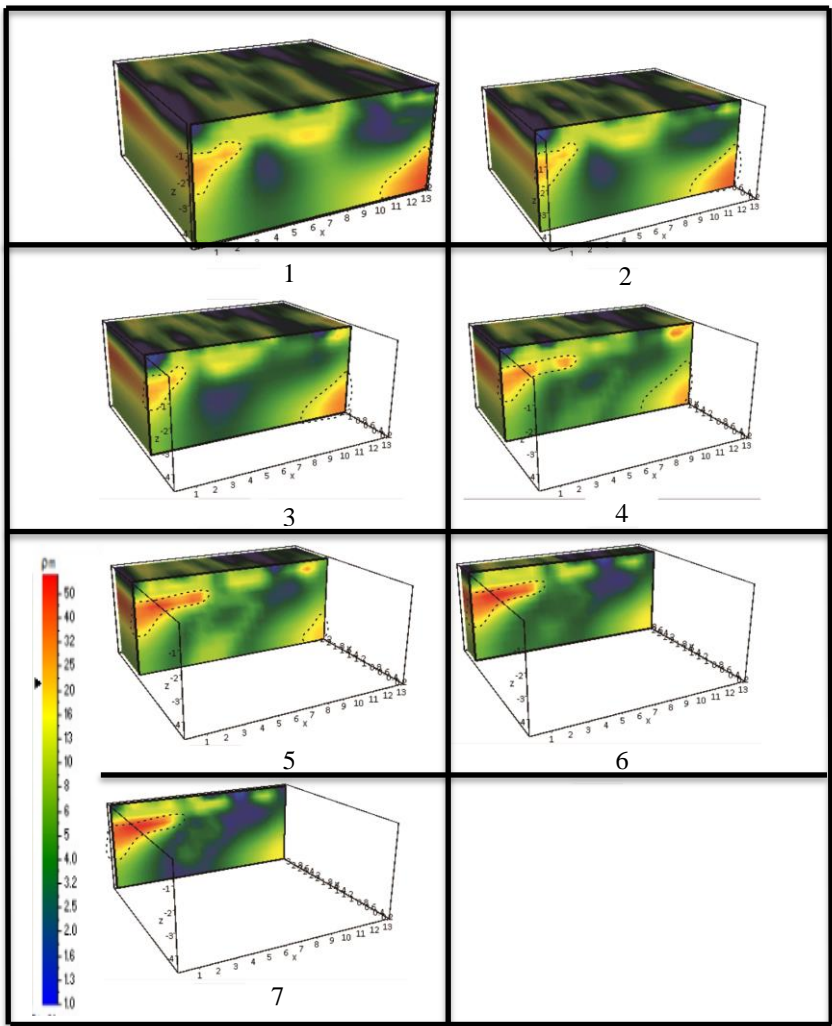
Pada bidang samping (y), terlihat anomali batuan penyusun situs berada pada jarak 0-5 bidang-y dengan kedalaman 1.5-3.5 meter. Anomali tersebut tidak terdapat pada bagian awal dan akhir, seperti yang terlihat pada Gambar 4.4 (sayatan 1-3 dan 22-23). Anomali baru terlihat jelas pada Gambar

4.4 (sayatan 4). Terjadi perpotongan anomali pada jarak 3-5 bidang-y seperti pada Gambar 4.4 (sayatan 10-17). Kemudian anomali terlihat penuh lagi seperti pada Gambar 4.4 (sayatan 18-22). Jika diamati lebih detail, anomali batuan penyusun situs perlahan menipis pada jarak 3-5 bidang-y.

Pada bidang atas bawah (z), terdapat beberapa pohon pada jarak 0-13 bidang-x dan 0-2 bidang-y yang akarnya menyebar. Pada Gambar 4.5 (sayatan 1-3) pada jarak 1-12 bidang-x dan 0-3 bidang-y didominasi oleh nilai resistivitas yang tinggi. Hal tersebut diindikasikan lempung padat yang termampatkan dan lebih kering dibandingkan lapisan dibawahnya. Karena pada titik tersebut merupakan akses jalan yang digunakan warga sekitar. Pada Gambar 4.5 (sayatan 4 dan 5) pada jarak 1-10 bidang-x dan 0-3 bidang-y didominasi oleh nilai resistivitas yang rendah. Hal tersebut diindikasikan sebagai lempung basah yang mengandung air. Anomali nilai resistivitas tinggi yang diindikasikan batuan penyusun situs terlihat perlahan dimulai pada jarak 1-4 dan 8-11 bidang-x, 3-5 bidang-y dan lama-lama menghilang searah 0 bidang-y dikedalaman 3.5 meter. Hal tersebut dapat terlihat jelas apabila diamati pada Gambar 4.5 (sayatan 6-11). Anomali batuan penyusun situs benar-benar hilang dikedalaman lebih dari 3.5 meter seperti yang terlihat pada Gambar 4.5 (sayatan 12 dan 13).

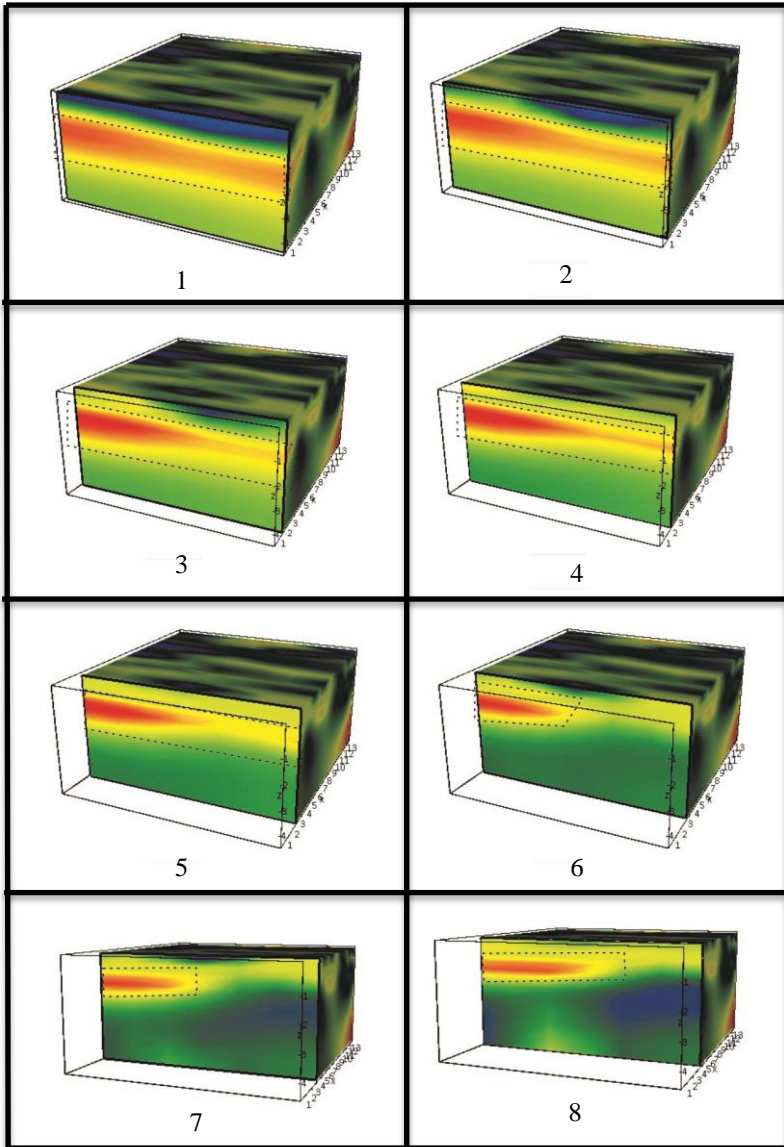
4.2.2 Situs Alas Trik

a. Bidang depan (x)

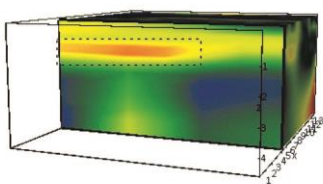


Gambar 4. 6 Penampang resistivitas bidang depan sayatan 1-7

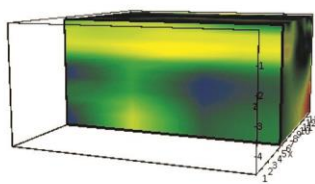
b. Bidang sampling (y)



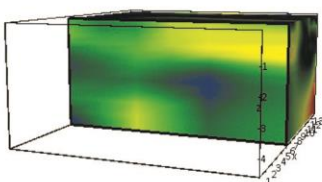




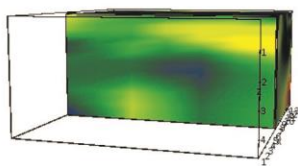
9



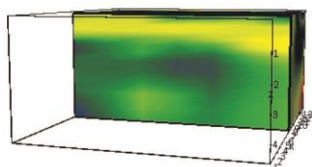
10



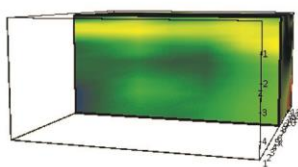
11



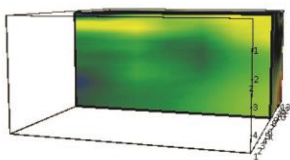
12



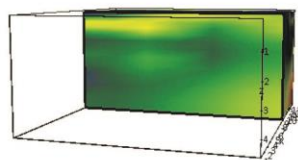
13



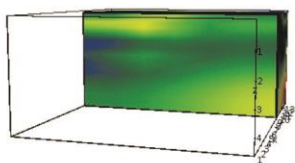
14



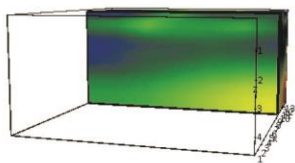
15



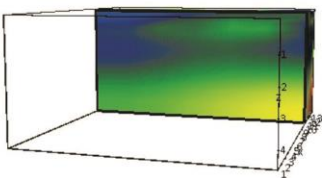
16



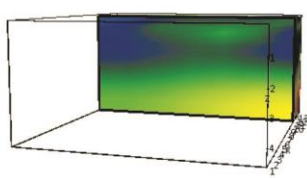
17



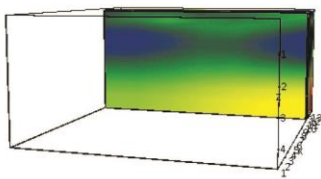
18



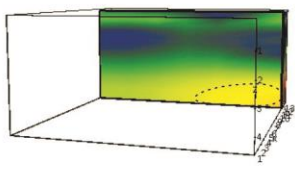
19



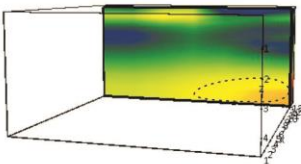
20



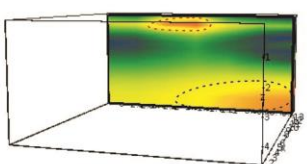
21



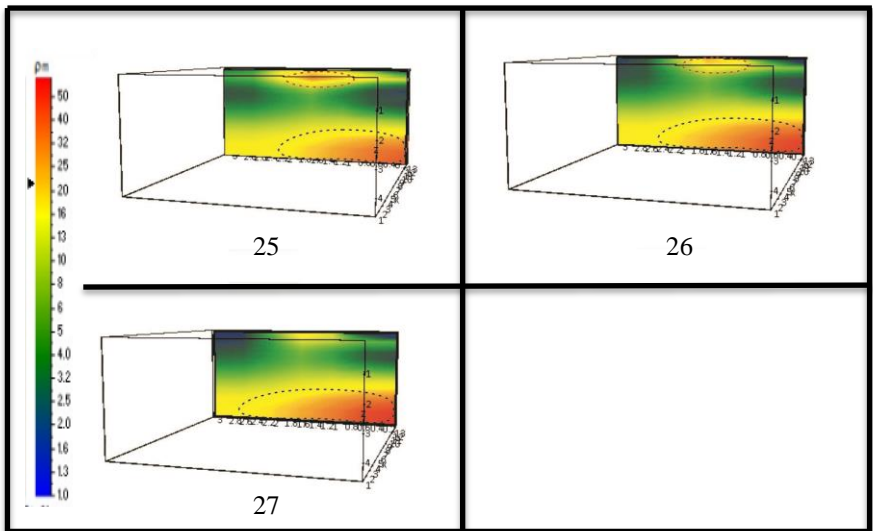
22



23

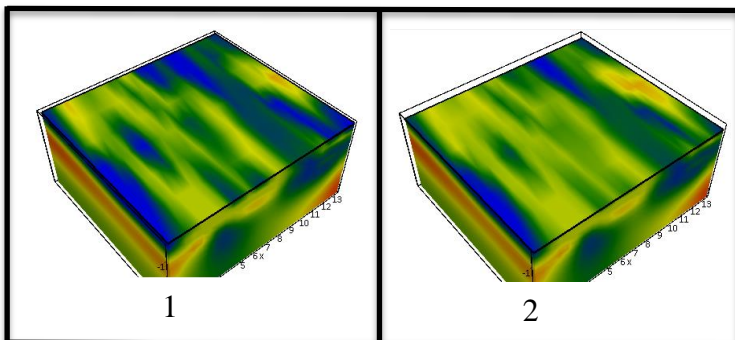


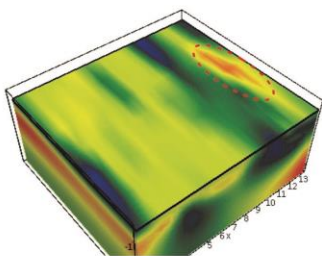
24



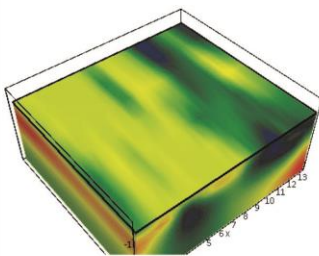
Gambar 4. 7 Penampang resistivitas bidang samping sayatan 1-27

a. Bidang atas bawah (z)

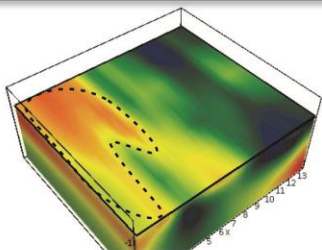




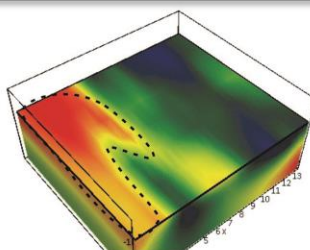
3



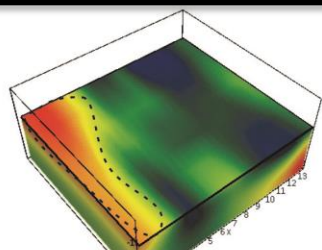
4



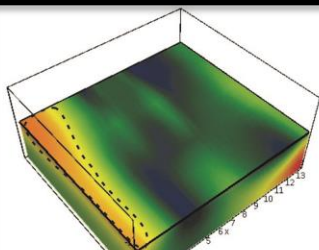
5



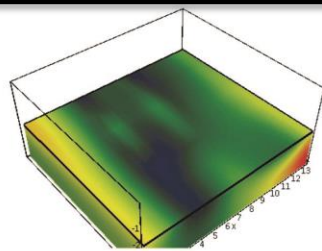
6



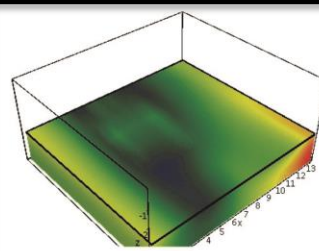
7



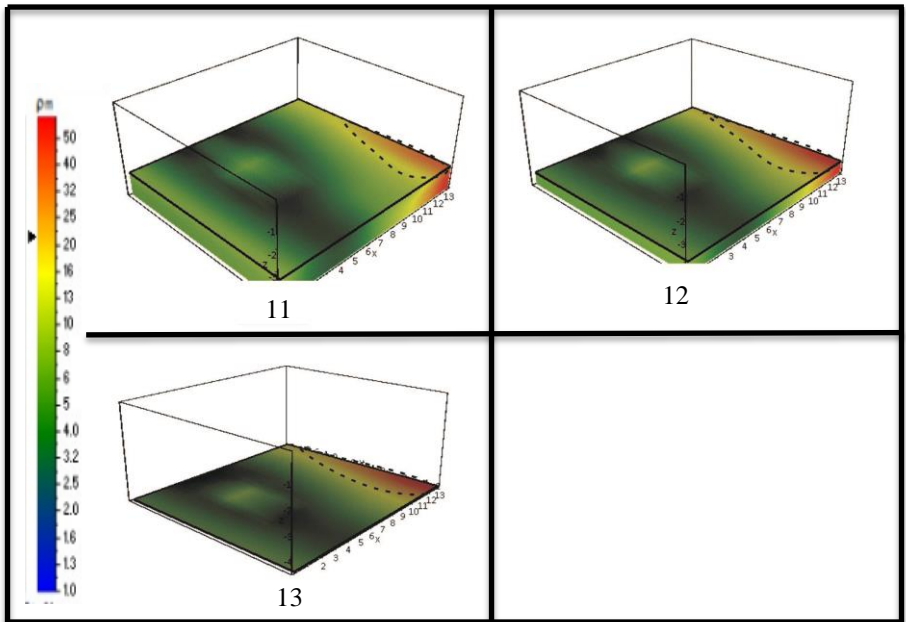
8



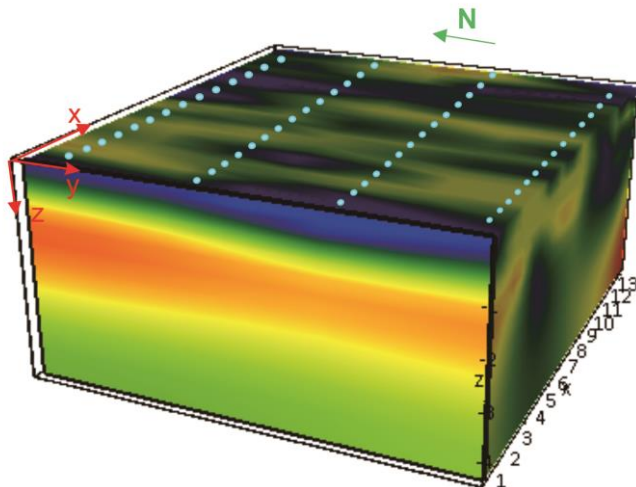
9



10



Gambar 4. 8 Penampang resistivitas bidang atas bawah sayatan 1-13



Gambar 4. 9 Ilustrasi titik pengukuran dengan hasil inversi

Pada lokasi situs alas trik dilakukan iterasi sebanyak 10 kali dan diperoleh error sebesar 10.8%. Lokasi ini terdapat 2 lintasan yang dilakukan *overlay* dengan total panjang lintasan 13 meter x 3 meter dengan spasi antar elektroda 1 meter seperti pada Gambar 3.2 dan n sebanyak 10 diperoleh kedalaman 4.7 meter. Terdapat 3 bagian bidang yang akan disajikan (x, y, z) dan masing-masing memiliki beberapa sayatan yang dijelaskan pada Gambar 4.6, Gambar 4.7 dan Gambar 4.8. Elektroda total yang digunakan sebanyak 56 titik dengan hasil ilustrasi distribusi dari titik akuisisi dan hasil inversi disajikan pada Gambar 4.9. Simbol lingkaran warna biru muda merupakan titik penggambaran penempatan elektroda dengan arah utara berlawanan arah dengan bidang-y.

Pada lokasi situs alas trik, baik bidang depan, samping ataupun atas bawah, nilai resistivitas yang tinggi dibandingkan dengan sekitarnya diindikasikan sebagai batuan penyusun bangunan bawah permukaan (situs). Anomali nilai resistivitas yang tinggi sekitar 25  $\Omega\text{m}$  – 50  $\Omega\text{m}$  diindikasikan litologi batuan berupa batu bata penyusun situs. Anomali nilai resistivitas sedang sekitar 9  $\Omega\text{m}$  diindikasikan sebagai lempung penyusun litologi sekitar. Sedangkan anomali nilai resistivitas yang rendah kurang dari 2  $\Omega\text{m}$  diindikasikan sebagai lempung basah yang mengandung air.

Pada bidang depan, dapat terlihat anomali yang diindikasikan sebagai batuan penyusun situs terdapat pada jarak 0-3 bidang-y pada kedalaman 1-2.5 meter dan pada jarak 10-13 bidang-x pada kedalaman 3-4.7 meter tidak diindikasikan sebagai anomali batuan penyusun situs karena diduga merupakan anomali efek tepi yang memiliki nilai resistivitas tinggi. Hal tersebut dapat diamati lebih detail pada Gambar 4.6 (sayatan 1-3). Terdapat penambahan panjang anomali pada jarak 0-4 bidang-x dan penyempitan searah jarak 13 bidang-x. Hal tersebut dapat diamati lebih detail pada Gambar 4.6 (sayatan 4-7).

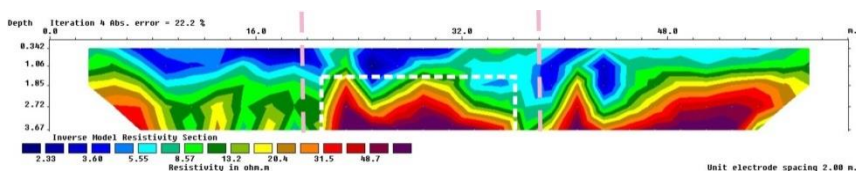
Pada bidang samping, terlihat anomali yang diindikasikan sebagai batuan penyusun situs terdapat pada jarak 0-5 bidang-y dikedalaman 1-2.5 meter kemudian perlahan menghilang searah jarak 2 bidang-y dan ketebalan anomalnya menipis dikedalaman 1-1.5 meter. Hal tersebut dapat diamati lebih detail pada Gambar 4.7 (sayatan 1-9). Terdapat anomali yang diindikasikan sebagai sekat-sekat bangunan pada bagian selanjutnya seperti yang terlihat pada Gambar 4.7 (sayatan 10-21). Kombinasi tinggi rendah nilai resistivitas diindikasikan sebagai sesuatu yang menarik berupa sekat bangunan bawah permukaan. Meskipun didominasi oleh nilai resistivitas rendah yang diindikasikan sebagai batuan lempung basah yang mengandung air. Dikarenakan titik pengukuran yang memang terletak di kebun tebu, kacang dan sawah yang telah dipanen. Terlihat nilai resistivitas tinggi lagi pada jarak 0-1 bidang-y kemudian membesar dan memanjang searah jarak 5 bidang-y pada

kedalaman lebih dari 3.5 meter seperti yang terlihat pada Gambar 4.7 (sayatan 22-27) namun tidak diduga sebagai anomali batuan penyusun situs, tetapi diindikasikan sebagai anomali efek tepi. Terdapat anomali resistivitas tinggi pada jarak 1-2 bidang-y di kedalaman 0-0.5 meter diindikasikan sebagai pecahan batubata yang terpendam dan tersebar. Hal tersebut telah dibuktikan melalui penggalian dan memang terdapat pecahan beberapa batu bata.

Pada bidang atas bawah, terlihat anomali yang diindikasikan sebagai batuan penyusun situs pada jarak 0-4 bidang-x dan 0-3 bidang-y yang semakin menyempit dan menipis searah 0 bidang-x, seperti yang terlihat pada Gambar 4.8 (sayatan 5-8). Terdapat pula kombinasi berselang-seling antara nilai resistivitas tinggi dan resistivitas rendah. Hal tersebut diindikasikan sebagai sekat-sekat bangunan. Selain itu, juga terlihat anomali nilai resistivitas tinggi pada jarak 11-12 bidang-x dan 0-1.7 bidang-y dan semakin membesar searah 5 bidang-x dan 3 bidang-y, seperti yang terlihat pada Gambar 4.8 (sayatan 10-13) diindikasikan sebagai anomali efek tepi. Anomali yang diindikasikan sebagai serpihan batu bata terlihat pada jarak 11-13 bidang-x dan 0-2 bidang-y dan semakin mengerucut ke bawah seperti yang terlihat pada Gambar 4.8 (sayatan 2 dan 3).

### 4.2.3 Korelasi dengan metode resistivitas 2D

Korelasi antara hasil resistivitas 3D dengan metode lain salah satunya resistivitas 2D perlu dilakukan untuk menguatkan identifikasi pola persebaran struktur bangunan bawah permukaan situs. Berdasarkan korelasi antara kedua metode tersebut terdapat kesamaan anomali yang ditunjukkan pada Gambar 4.9 yang ditandai dengan garis putih putus-putus dan Gambar 4.3 sayatan ke 5. Anomali tersebut diindikasikan sebagai batuan penyusun struktur bangunan bawah permukaan situs Kadipaten Terung. Korelasi kedua metode tersebut dapat dilakukan karena panjang lintasan 1 resistivitas 2D memotong lintasan resistivitas 3D. Pada meter ke 18 – 40 lintasan 1 resistivitas 2D merupakan titik perpotongan dengan lintasan resistivitas 3D yang ditandai dengan garis merah muda putus-putus.



Gambar 4. 10 Hasil penampang resistivitas 2D line 1 (Tugas Akhir Vinca, 2018)

### 4.3. Pembahasan

Dalam penelitian ini, dilakukan pengukuran resistivitas 3D menggunakan konfigurasi wenner dengan tujuan mengetahui pola persebaran struktur bangunan bawah permukaan situs kadipaten terung dan alas trik berdasarkan parameter resistivitas. Parameter tersebut dapat diinterpretasikan sebagai lapisan batuan yang diindikasikan batuan penyusun situs.

Menurut penelitian terdahulu tentang metode resistivitas 3D untuk identifikasi struktur bawah permukaan peninggalan purbakala yang terbuat dari batu bata seperti yang dilakukan oleh Indarmadi dkk. (2013) batuan penyusun situs memiliki rentang nilai resistivitas 33  $\Omega\text{m}$  sampai 92  $\Omega\text{m}$  yang identik dengan nilai resistivitas yang mengacu Hunt (1984).

Tabel 4. 1 Klasifikasi skala nilai resistivitas dan interpretasi hasil inversi

Interpretasi jenis batuan	Skala	Resistivitas ( $\Omega\text{m}$ )
Lempung yang sangat basah dan mengandung air	Sangat rendah	$<2$
Tanah lempung basah	Rendah	2-5
Lempung lanauan	Sedang	2-25
Lanau pasir / batu bata	Tinggi	25-90

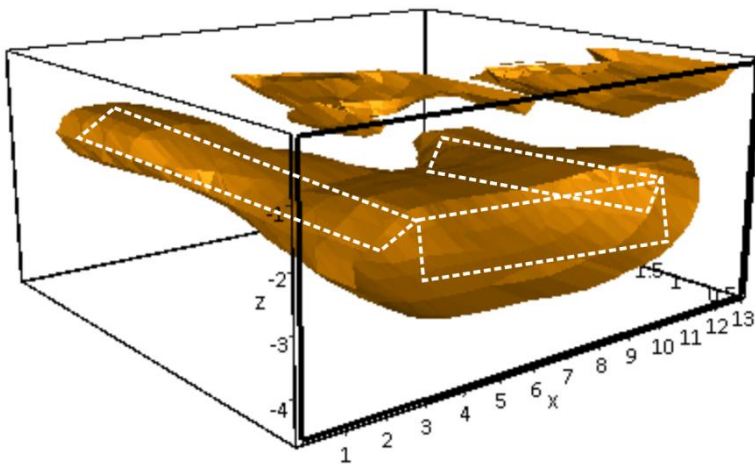
Dari hasil proses inversi 3 dimensi menggunakan perangkat lunak pengolahan resistivitas 3D diperoleh hasil berupa penampang 3 bidang, penampang bidang-x, bidang-y, dan bidang-z. Penampang bidang tersebut memiliki nilai resistivitas yang berasosiasi dengan citra warna yang berbeda-beda bergantung besarnya nilai resistivitasnya seperti yang ditunjukkan pada Gambar 4.3, Gambar 4.4, Gambar 4.5, Gambar 4.6, Gambar 4.7 dan Gambar 4.8. Pada gambar hasil inversi resistivitas 3D tersebut menunjukkan masing-masing nilai resistivitas batuan yang dilihat dari citra warna penampang struktur lapisan bawah permukaan. Sebaran nilai resistivitas bawah permukaan ditunjukkan oleh citra warna hasil pengolahan data. Untuk mengetahui jenis-jenis lapisan tanah atau batuan yang terdapat di bawah permukaan pada lokasi penelitian, digunakan tabel referensi Tabel 2.1 menurut Hunt (1984) untuk mencocokkan nilai resistivitas yang didapatkan dengan jenis batuan yang ada dan pencitraan warna kontur hasil pengolahan data.



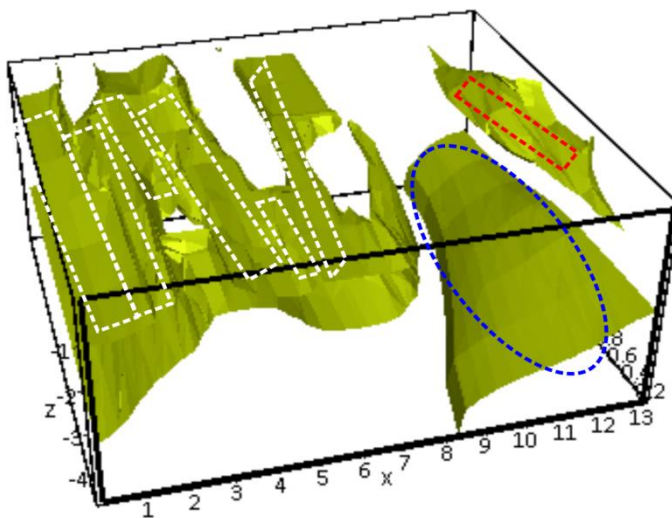
Secara umum, situs kadipaten terung dan alas trik disusun oleh litologi lempung pasir. Daerah penelitian merupakan daerah persawahan dan perkebunan penduduk dengan kandungan air yang cukup tinggi menyebabkan adanya air yang berasosiasi dengan tanah lempung yang menjadikan nilai resistivitasnya menjadi rendah. Hasil inversi data resistivitas menunjukkan klasifikasi skala yang dapat diinterpretasikan jenis batuan penyusunnya ditunjukkan pada Tabel 4.1. Berdasarkan profil inversi resistivitas 3D, terlihat kontras resistivitas yang cukup tinggi dengan sekitarnya diindikasikan sebagai struktur batuan penyusun bangunan bawah permukaan. Distribusi dari struktur bangunan bawah permukaan situs dapat dilihat pada Tabel 4.2. Distribusi penampang yang diindikasikan merupakan struktur bangunan bawah permukaan situs disajikan dalam bentuk citraan 3 dimensi pada Gambar 4.11 dan Gambar 4.12. Pada situs kadipaten terung distribusi persebaran struktur bangunan bawah permukaan ditunjukkan oleh warna coklat seperti Gambar 4.11 dan pada situs alas trik distribusi persebaran struktur bangunan bawah permukaan ditunjukkan oleh warna kuning keemasan seperti Gambar 4.12.

Tabel 4. 2 Distribusi persebaran struktur bangunan

Lokasi	Koordinat sumbu		
	x	y	z
Kadipaten Terung	1-11	0-5	1.5-3.5
Alas Trik	1-3	0-5	1-2.7
		1.7-3	



Gambar 4. 11 Distribusi struktur bangunan bawah permukaan situs Kadipaten Terung

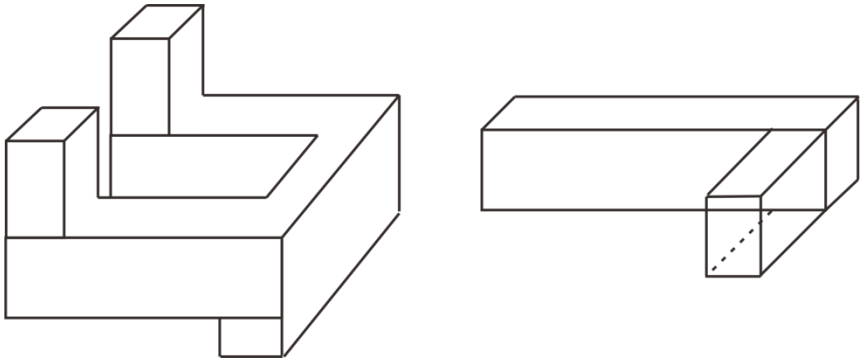


Gambar 4. 12 Distribusi struktur bangunan bawah permukaan situs alas trik

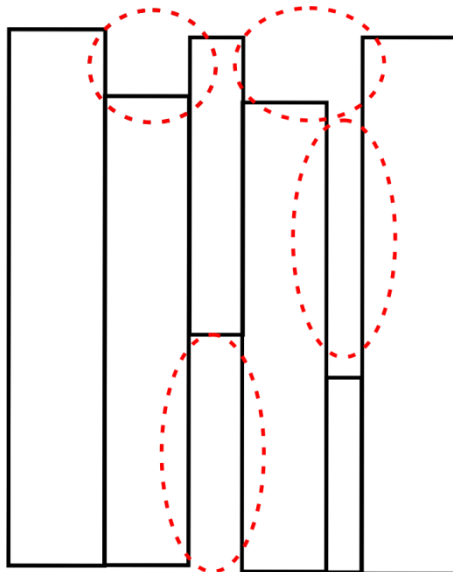
Dapat dilihat dengan jelas tiap lapisan bawah permukaan tanah yang memiliki kontur warna dengan berbagai jenis sebaran resistivitas. Distribusi resistivitas tersebut menunjukkan perbedaan jenis batuan atau tanah penyusunnya. Kondisi bawah permukaan dapat diamati seperti halnya mengamati suatu potongan lapisan bawah permukaan berbentuk kubus sehingga dapat diamati dari berbagai sisi. Hal ini merupakan kelebihan dari metode resistivitas 3D yang dapat memberikan pencitraan resistivitas yang lebih resolutif dalam menggambarkan kondisi bawah permukaan (Chaves, Andres, & Diana, 2014) (Mufidah, 2016) (Rochman, Widodo, Syaifuddin, & Lestari, 2017)(Indarmadi dkk., 2013).

Dari hasil ekskavasi kedua situs, dapat diamati bahwa situs kadipaten terung merupakan situs yang tersusun dari 15 tumpukan batu bata yang mengelompok dan tersusun rapi seperti bentuk huruf J seperti yang terlihat pada Gambar 2.4. Sedangkan situs alas trik merupakan situs yang tersusun dari 5 tumpukan batu bata yang memanjang seperti yang terlihat pada Gambar 2.5. Batu bata merupakan batuan yang banyak digunakan pada bangunan-bangunan situs zaman dahulu. Berdasarkan sifat yang dimilikinya, batu bata biasanya digunakan sebagai pondasi atau bangunan dasar dari bangunan-bangunan pagar, rumah dan sebagainya.

Berdasarkan Tabel 4.2, Gambar 4.11 dan Gambar 4.12, lokasi penelitian situs kadipaten terung terdapat kemenerusan dari situs yang telah ditemukan, yaitu disebelah barat situs yang telah ditemukan dengan kedalaman 1.5-3.5 meter seperti Gambar 4.11 warna coklat dengan dugaan bentuk dari strukturnya seperti yang ditunjukkan oleh garis putih putus-putus. Lokasi penelitian situs alas trik yang jauh dari situs yang telah ditemukan masih belum dipastikan adanya kemenerusan. Namun menurut warga yang bertempat tinggal disekitar daerah penelitian, titik lokasi pengukuran merupakan daerah pondasi dari sebuah situs purbakala. Sedangkan situs yang telah ditemukan diyakini sebagai pelawangan dari situs alas trik tersebut. Berdasarkan hasil anomali resistivitas 3D daerah yang diindikasikan sebagai pondasi situs terletak pada kedalaman 1-2 meter diujung barat lintasan sepanjang arah utara selatan seperti Gambar 4.12 warna kuning keemasan sebelah kiri dan berselang-seling menuju arah timur yang diduga sebagai sekat-sekat bangunan seperti yang ditunjukkan oleh garis putus-putus warna putih. Selain itu, di kedalaman 2.7-4.7 meter di ujung timur lintasan sepanjang arah utara selatan seperti Gambar 4.12 warna kuning keemasan sebelah kanan diindikasikan anomali dari efek tepi, bukan merupakan anomali dari batuan penyusun situs dengan dugaan bentuknya seperti yang ditunjukkan oleh garis biru putus-putus. Sedangkan untuk garis putus-putus warna merah pada Gambar 4.12 diindikasikan sebagai serpihan batubata yang terpendam terletak pada kedalaman 0.5-1 meter.



Gambar 4. 13 Hasil rekonstruksi situs Kadipaten Terung



Gambar 4. 14 Hasil rekonstruksi situs Alas Trik

Berdasarkan hasil distribusi struktur bangunan bawah permukaan niali resistivitas pada kedua situs. Maka dapat dibuatlah rekonstruksi dan kemungkinan kemenerusan antara situs yang sudah ada dengan hasil

distribusi. Gambar 4.13 merupakan hasil rekonstruksi pada situs Kadipaten Terung. Gambar 4.13 menunjukkan adanya kemenerusan antara situs yang sudah nampak dengan hasil distribusi membentuk sebuah pola dermaga pelabuhan. Hal tersebut diperkuat dengan letak lokasi pengukuran yang dekat dengan sungai. Sedangkan untuk Gambar 4.14 merupakan hasil rekonstruksi pada situs Alas Trik. Gambar 4.14 menunjukkan pondasi bangunan yang bersekat-sekat. Diindikasikan merupakan satu bangunan yang memiliki beberapa sekat. Letak sekat-sekat tersebut ditunjukkan oleh garis putus-putus warna merah.

Hasil inversi data penelitian, nilai resistivitas yang diperoleh yaitu dari rentang  $1 \Omega\text{m} - 80 \Omega\text{m}$ . Tiap-tiap nilai resistivitas telah diwakili oleh kontur warna yang berbeda-beda sehingga memudahkan untuk melihat distribusi resistivitas bawah permukaannya. Semua hasil gambar dari kedua lokasi penelitian dapat dilihat dari berbagai sisi, baik sisi depan (Gambar 4.3 dan Gambar 4.6), sisi samping (Gambar 4.4 dan Gambar 4.7) dan sisi atas bawah (Gambar 4.5 dan Gambar 4.8) bahwa bagian yang didominasi oleh warna biru dan biru muda merupakan litologi lempung basah dan lempung basah mengandung air, hal ini didukung dengan letak daerah penelitian yang berada di area perkebunan dan persawahan dekat dengan sungai. Kondisi geologi lokasi penelitian didominasi dengan tanah lempung pasir, hal ini tampak pada pencitraan di setiap sayatan yang ditunjukkan dengan warna hijau. Batuan situs yang merupakan batu bata yang terdapat di bawah permukaan diduga merupakan terusan atau sebaran dari situs yang telah di ekskavasi ditunjukkan dengan warna merah dengan nilai resistivitas berkisar antara  $25 \Omega\text{m} - 80 \Omega\text{m}$ . Nilai resistivitas yang digunakan sebagai acuan ditunjukkan pada Tabel 2.1 jenis batuan menurut Hunt (1984). Berdasarkan hasil tersebut dapat diketahui bahwa aplikasi metode resistivitas 3D mampu menginterpretasikan resistivitas bawah permukaan secara 3 dimensi dengan hasil yang resolusif. Dengan demikian pada kedua lokasi penelitian diindikasikan masih terdapat banyak distribusi struktur bangunan bawah permukaan situs yang masih terpendam.

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## **BAB V**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **5.1. Kesimpulan**

Kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian tugas akhir ini adalah sebagai berikut.

1. Lokasi penelitian situs kadipaten terung memiliki kemenerusan dengan situs yang telah ditemukan pada kedalaman 1.5-3.5 meter dengan nilai resistivitas  $30 \Omega\text{m} - 80 \Omega\text{m}$
2. Lokasi penelitian situs alas trik terdapat struktur batuan penyusun bangunan bawah permukaan pada kedalaman 1-2 meter diujung barat lintasan sepanjang arah utara selatan (bidang-y) dan memiliki pola berselang-seling menuju arah timur dengan nilai resistivitas  $25 \Omega\text{m} - 50 \Omega\text{m}$

#### **5.2. Saran**

Berdasarkan hasil penelitian saran yang dapat diberikan adalah sebagai berikut.

1. Perlu ditambahkan pemetaan dengan area yang lebih luas.
2. Perlu adanya analisa petrografi untuk meneliti umur batuan.
3. Penambahan data bor untuk melihat litologi bawah permukaan.
4. Bekerja sama dengan berbagaidisiplin ilmu untuk meneliti situs kadipaten terung dan alas trik ini.
5. Pengambilan sample batuan secara langsung dan pembuktian zona yang memiliki anomaly resistivitas tinggi.

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***



## DAFTAR PUSTAKA

- Chaves, G.-N., Andres, H.-Q., & Diana, V. (2014). *Special 3D electric resistivity tomography (ERT) array applied to detect buried fractures on urban areas: San Antonio Tecomitl*. In *Geofisica Internacional* (pp. 425-434). Mexico: Milpa Alta.
- Hunt, R. (1984). *Geotechnical Engineering Investigation Manua*. New York: McGraw Hill.
- Indarmadi, K., Susilo, A., & Sunaryo. (2013). *Pendugaan Struktur Bawah Permukaan Peninggalan Purbakala Situs Candi Jabung, Probolinggo, Indonesia Menggunakan Metode Geolistrik Resistivitas*. Malang: Universitas Brawijaya.
- Loke, M. (1999). *Electrical Imaging Surveys For Environment And Engineering Studies A Practical Guide 2-D and 3-D Surveys* . Penang.
- Mufidah, J. (2016). *Aplikasi Metode Geolistrik 3D Untuk Menentukan Situs Arkeologi Biting Blok Salak di Desa Kutorenon Kecamatan Sukodono Lumajang*. Malang: UIN Maulana Malik Ibrahim.
- Priyambodo, D., & Troa, R. (2016). *Aplikasi Metode Geolistrik Untuk Situs Arkeologi di Pulau Lut Natuna*. *Majalah Arkeologi*, Vol 25 No 1.
- Reynold, J. (2011). *An introduction to applied and environment geophysics*. John Willey & Sons.
- Rochman, J., Widodo, A., Syaifuddin, F., & Lestari, W. (2017). *Aplikasi Metode Geolistrik Tahanan Jenis untuk Mengetahui Bawah Permukaan di Komplek Candi Belahan (Candi Gapuro)*. *Geosaintek*, 93-98.
- Supandjono, J., Hasan, K., Satria, D., & Sukardi. (1992). *Peta Geologi Lembar Surabaya & Sapulu*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Suwarti, Suharsono. dkk. (1992). *Peta Geologi Lembar Mojokerto, Skala 1:100.000*. Bandung: Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi.
- Telford, W., Geldart, L., & Sheriff, R. (1990). *Applied Geophysics (2nd ed)*. New York: Cambridge University Press.

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## LAMPIRAN

Tabel 6. 1 Tabel *Timeline* kegiatan

No.	Kegiatan	Bulan I				Bulan II				Bulan III				Bulan IV				Indikator Kinerja
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
1	a. Studi literatur mengenai kondisi geologi area penelitian untuk menentukan lokasi titik pengukuran dan persiapan penelitian																	Ketersediaan data sekunder pendukung kegiatan penelitian.
	b. Penentuan lokasi titik pengukuran dan desain akuisisi																	
2	<i>Survey</i> pendahuluan dan perizinan																	Ada persetujuan dan ijin <i>survey</i> dari instansi terkait
3	Akuisisi data di daerah penelitian.																	Data resistivitas yang bagus
4	Pemrosesan dan analisa data																	Nilai resistivitas yang didapatkan dapat terinterpretasi dengan

																		baik, nilai error minimal.
5	Penyusunan laporan akhir																	Laporan akhir yang berisi kondisi fisik batuan penutup terowongan



Gambar 6. 1 Akuisisi data di situs kadipaten terung



Gambar 6. 2 Akuisisi data di situs alas trik

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***

## BIOGRAFI PENULIS



Lahir di kota Gresik pada tanggal 18 Desember 1995, dengan nama Achmad Mudhofar. Pendidikan formal penulis dimulai di TK Dharma Wanita Indro, MI Ma'Arif Al-Hasani pada tahun 2002, SMP Negeri 1 Gresik pada tahun 2008, SMA Negeri 1 Gresik pada tahun 2011, dan pada tahun 2014 resmi menjadi mahasiswa Teknik Geofisika Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Selama menjadi mahasiswa Teknik Geofisika ITS banyak pengalaman yang telah penulis dapatkan, baik softskill maupun hardskill. Tahun periode 2015 - 2016 penulis aktif di Himpunan Mahasiswa Teknik Geofisika (HMTG) ITS, sebagai kepala Divisi Internal Departemen Dalam Negeri. Selain aktif dalam organisasi, penulis juga aktif dalam beberapa kegiatan kepanitiaan yaitu sebagai *Instructing Committee* acara Pola Pengembangan Mahasiswa Tahun Pertama pada tahun 2016 yang diadakan oleh Departemen Pengembangan Sumberdaya Mahasiswa HMTG ITS, Kakak Pendamping acara GERIGI ITS pada tahun 2016 yang diadakan oleh BEM ITS dan Sie Acara Ekspedisi Mahameru#1 yang diadakan oleh ZWAGERI HMTG ITS. Tidak hanya aktif dalam bidang organisasi dan kepanitiaan, penulis juga aktif dalam bidang olahraga Tenis Meja dan pernah mendapatkan prestasi sebagai Juara 1 POMITS cabor Tenis Meja tahun 2014, Juara 1 Diesnatalis ITS cabor Tenis Meja tahun 2015, Juara 2 Diesnatalis ITS cabor Tenis Meja tahun 2016 dan Juara 1 Diesnatalis ITS cabor Tenis Meja tahun 2017.

Pengalaman lain yang penulis dapatkan selama menjadi mahasiswa Teknik Geofisika ITS yaitu pernah melakukan Kerja Praktik (KP) di Balai Penyelidikan dan Pengembangan Teknologi Kebencanaan Geologi, pada bulan Agustus 2016 dengan judul KP “ANALISA SEISMISITAS GUNUNG MERAPI PADA BULAN FEBRUARI 2017 BERDASARKAN DATA SEISMIK” dan pernah mengikuti *short course* “*A practical guide to multi-dimensional ERT surveys and data interpretation by Dr. Meng Heng Loke*” di Universitas Gadjah Mada pada bulan April 2018.

***HALAMAN INI SENGAJA DIKOSONGKAN***